



**LOS LIBERTADORES**  
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

**IMPLEMENTACION DE UNA ESTACION DE ABASTECIMIENTO DE  
ENERGIA FOTOVOLTAICA EN AC PARA EL SISTEMA DE ILUMINACION  
DEL BAÑO DE HOMBRES DEL SEXTO PISO DE LA SEDE SANTANDER EN LA  
FUNDACION UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES CON PROYECCION  
PARA LOS EQUIPOS DE DATOS EN EL LABORATORIO DE RADIOMETRIA  
SOLAR**

**Duvan Camilo Borda Coronado  
Yessika Danitza Pachon Mendez**

**Fundación Universitaria Los Libertadores  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Electrónica  
Bogotá, Colombia  
2017**

**IMPLEMENTACION DE UNA ESTACION DE ABASTECIMIENTO DE  
ENERGIA FOTOVOLTAICA EN AC PARA EL SISTEMA DE ILUMINACION  
DEL BAÑO DE HOMBRES DEL SEXTO PISO DE LA SEDE SANTANDER EN LA  
FUNDACION UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES CON PROYECCION  
PARA LOS EQUIPOS DE DATOS EN EL LABORATORIO DE RADIOMETRIA  
SOLAR**

**Duvan Camilo Borda Coronado  
Yessika Danitza Pachon Mendez**

**Monografía para optar al título de Ingeniero Electrónico**

**Asesor**

**Ing. Ovidio Simbaqueva  
Ing. Cindi Alvarado**

**Fundación Universitaria Los Libertadores  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Electrónica  
Bogotá, Colombia  
2017**

Nota de aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá, 06 de diciembre de 2017

*A nuestras familias  
Borda Coronado y  
Pachon Mendez  
A nuestros padres y hermanos  
Que nos han acompañado  
En nuestra carrera y  
Que con esfuerzo y comprensión  
Colaboraron siempre,  
Gracias.*

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

En primera instancia a Dios que nos ha dado fortaleza, sabiduría y paciencia para desarrollarnos como profesionales.

A nuestras familias, que son sus sacrificios y esfuerzos por entendernos en nuestros proyectos que hemos desarrollado a lo largo de la carrera.

A la Fundación Universitaria Los libertadores por darnos las bases de nuestra vida profesional y apoyarnos en nuestros proyectos, con material humano acompañado de su plantel docente, como financieramente permitiéndonos culminar nuestro pregrado.

## Contenido

<b>GLOSARIO.....</b>	<b>1</b>
<b>RESUMEN DEL PROYECTO:.....</b>	<b>2</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Descripción y planteamiento de problema .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Estado del arte: .....</b>	<b>6</b>
<b>2. MARCO TEORICO:.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.2 Criterios de partida Estudio de las necesidades a Cubrir .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.3 Cálculo de la capacidad y determinación del acumulador. ....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.4 Cálculo de la potencia de los paneles .....</b>	<b>19</b>
<b>3.4.5 Cálculo de los elementos de la instalación .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.5 Dimensionado del convertidor .....</b>	<b>26</b>
<b>2.1.6 Sección del conductor .....</b>	<b>28</b>
<b>3. METODOLOGÍA .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 Disponibilidad de radiación solar en el lugar del proyecto. ....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 Medidas directas .....</b>	<b>31</b>
<b>3.2.1 Instrumentos de medida .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3 Medidas Indirectas de radiación solar. ....</b>	<b>31</b>
<b>3.3 Diseño del Acumulador Del Sistema Fotovoltaico. ....</b>	<b>32</b>
<b>3.4 Dimensionamiento de Módulos Solares Fotovoltaicos .....</b>	<b>34</b>
<b>3.5 POTENCIA Y ENERGIA .....</b>	<b>34</b>
<b>4. PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>36</b>
<b>5. RESULTADOS/PRODUCTOS ESPERADOS Y POTENCIALES</b>	
<b>BENEFICIARIOS:.....</b>	<b>63</b>
<b>5.1 Conformación y trayectoria del Grupo de Investigación .....</b>	<b>65</b>
<b>5.2 Cronograma de Actividades .....</b>	<b>65</b>
<b>6. PRESUPUESTO.....</b>	<b>66</b>
<b>6.1 Fuentes de Financiación .....</b>	<b>66</b>
<b>7. TABLAS DE PRESUPUESTO .....</b>	<b>66</b>
<b>8. MEDICIONES EN EL LABORATORIO CON PIRANOMETRO EN DIA 10</b>	
<b>NOVIEMBRE DE 2017.....</b>	<b>68</b>
<b>9. REGISTRÓ FOTOGRAFICO DE INSTALACION DE INFRAESTRUCTURA</b>	
<b>DEL SISTEMA .....</b>	<b>79</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>96</b>



## **GLOSARIO**

**PANEL SOLAR:** Un panel solar, de este modo, es un elemento que permite usar los rayos del sol como energía, lo que hacen estos dispositivos es recoger la energía térmica o fotovoltaica del astro y convertirla en un recurso que puede emplearse para producir electricidad o calentar algo.

**SISTEMA FOTOVOLTAICO:** Los sistemas fotovoltaicos se basan en la capacidad de las celdas fotovoltaicas de transformar energía solar en energía eléctrica (DC). Esta energía, mediante el uso de un inversor, es transformada a corriente alterna (AC), la cual puede ser utilizada en residencias y comercios.

**RADIACIÓN SOLAR:** La Radiación Solar es un fenómeno físico debido a la emisión de energía por parte del sol en forma de radiaciones electromagnéticas. Estas radiaciones pueden ser cuantificadas y se expresan en unidades de irradiación, una unidad que refleja su potencia por unidad de superficie. Una característica particular de la radiación es que se trata de una forma de energía que puede ser transmitida en el vacío, lo cual hace que sean capaces de atravesar el espacio.

**BIOSFERICO:** La biosfera o biósfera es el sistema formado por el conjunto de los seres vivos del planeta Tierra y sus interrelaciones (tanto influyen los organismos en el medio, como el medio sobre los organismos). Este significado de «envoltura viva» de la Tierra, es el de uso más extendido, pero también se habla de biósfera, en ocasiones, para referirse al espacio dentro del cual se desarrolla la vida.

**PIRANÓMETRO:** Un piranómetro (también llamado solarímetro y actinómetro) es un instrumento meteorológico utilizado para medir de manera muy precisa la radiación solar incidente sobre la superficie de la Tierra. Se trata de un sensor diseñado para medir la densidad del flujo de radiación solar (kilovatios por metro cuadrado) en un campo de 180 grados.



## **RESUMEN DEL PROYECTO:**

El presente trabajo de grado describe el trabajo de la estación de suministro de energía fotovoltaica en AC, para el sistema de iluminación del baño de hombres del quinto piso de la sede Santander de la Fundación Universitaria Los Libertadores.

El sistema contempla temas actualizados del conocimiento para remover barreras que enfrenta la energía renovable y fortalecer la capacidad de transformación de corriente eléctrica en DC a AC con el fin de suplir el abastecimiento y uso de energía eléctrica comercial, que es suministrada a viviendas, sitios comerciales y alumbrado público.

De igual forma se describe en el trabajo la proyección de realizar un diseño e instalación de una estación de suministro de energía fotovoltaica, para la protección de datos de los equipos de medición uv-biometer solar light co-módulo de control biospherical instruments inc del laboratorio de radiometría solar en la fundación universitaria los libertadores.

El sistema contempla temas actualizados del conocimiento para remover barreras que enfrenta la energía renovable y fortalecer la capacidad de almacenamiento de datos para el desarrollo de proyectos que requieran de esta información

Se analizan las condiciones de disponibilidad de radiación solar sobre la zona y las características climáticas.

El requerimiento meteorológico se elaboró con base a la información de datos climatológicos de veinte años consecutivos de la estación meteorológica la Holanda que opera el IDEAM. Se determinó el “año tipo climático” de cada variable meteorológica para poder conocer las diferentes problemáticas que se pueden presentar con el cambio climático para la reserva y el consumo de energía requerido para el almacenamiento de información de los equipos del laboratorio de radiometría.

Se diseñó los cálculos para la cantidad y calidad de dispositivos que se requieran para el suministro de energía como los son los paneles solares, arreglo de baterías, El regulador de carga, El inversor y anexo se instalara todo el sistema de la estación de abastecimiento para el baño

## JUSTIFICACIÓN

Es importante tener en cuenta que cada vez es necesario incursionar en energías renovables, ya que el suministro de corriente AC que normalmente se tiene en la ciudad, proviene de la generación de energía por parte de represas e hidroeléctricas, a saber que cada día los recursos hídricos son más escasos, y la evolución de la tecnología es exponencial, el consumismo de esto mismo lleva a la sociedad a tener en su hogar mas electrodomésticos, las instituciones educativas requieren incrementar sus equipos para brindar un servicio y más eficiente, y la industria para mejorar su producción; también requiere el consumo energético, es decir que la importancia de establecer estaciones autosustentables de energía solar fotovoltaica, tiene un enfoque y una visión muy accesible, ya que tiene un mercado bastante amplio en todos los sectores de consumo.

El tabú del uso de las energías renovables está determinada por el valor de sus componentes, mas sin embargo estos elementos tienen una vida útil de aproximadamente 40-50 años y en su mayoría los fabricantes brindan una garantía de 20 años, la tasa de retorno de la inversión para cada sistema no supera los 5 años, es decir que cualquier persona, o entidad que adquiera o migre a esta energía, tendría un aproximado de 15 años de utilidades de consumo de energía, como mínimo. Luego el aporte económico al adquirir es bastante considerable.

Se realiza este proyecto con el fin de mostrar un avance a gran escala de la energía solar fotovoltaica, la cual es capaz de abastecer los equipos que normalmente se utilizan con corriente AC a 110V, como lo son electrodomésticos, sistemas de iluminación, etc., fomentando el uso de esta energía en el ámbito social.

## **OBJETIVO**

Implementación de una estación de abastecimiento de energía fotovoltaica en AC para el sistema de iluminación del baño de hombres del sexto piso de la sede Santander en la Fundación Universitaria los Libertadores, como demostración de la transformación de energía para la implementación de un sistema de abastecimiento de energía fotovoltaica en AC y DC para los equipos de medición uv-biometer solar light co-módulo de control biospherical instruments inc y computador de almacenamiento de datos en el laboratorio de radiometría solar

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:**

### ***1.1 Descripción y planteamiento de problema***

El abastecimiento de la energía eléctrica cada vez es más requerido, ya que existen cada vez mas equipos electrónicos y sistemas de iluminación en sitios comerciales, o establecimientos institucionales los cuales usan iluminación en los edificios generalmente durante todo el día, ocasionando un incremento considerable en el consumo de energía eléctrica, y por ende su gasto monetario es elevado; de igual manera esto genera efectos en el ambiente y calentamiento global. Por tanto el uso de energías renovables y autosustentables, es un sector que es fundamental en la evolución energética en la sociedad.

La Fundación Universitaria Los Libertadores, es una institución la cual a través de los años a tenido un crecimiento exponencial, en cuanto a su nivel académico y con ello su nivel de infraestructura ha cambiado considerablemente. De modo que también el consumo de energía eléctrica a aumentado y en ciertos momentos se convierte en un gasto considerable, por ende se requiere iniciar un cambio o una transición a energías renovables y autosustentables, con el fin de mejorar las edificaciones de la entidad, de continuar siendo un pionero en implementación de sistemas de energía fotovoltaica.

El trabajo de grado conduce en solucionar un problema que afecta a La Fundación Universitaria Los Libertadores iniciando en un punto de las instalaciones, como es el baño del sexto piso de la sede Santander de la universidad, ya que este lugar es uno de los mas transitados por la planta estudiantil y de igual forma por docentes y personal que labora en la entidad, es escogido inicialmente también por estar cerca a al laboratorio de Radiometría Solar de la institución, y es la forma fomentar el uso de estas energías fotovoltaicas, y que mejor que en las instalaciones de la entidad.

En el laboratorio de Radiometría Solar de la Fundación Universitaria Los Libertadores, existen fluctuaciones de energía la cual afecta la medición de datos, de brillo solar, rayos uv, radiación, etc., el cual afecta el estudio y comportamiento del ambiente, de igual manera la vida útil de los elementos que están en el laboratorio.

El trabajo de grado conduce en solucionar un problema que afecta a la fundación universitaria los libertadores en el laboratorio de radiometría solar en cuanto al almacenamiento de datos que se obtienen de los equipos de medición uv-biometer solar light control biospherical instruments inc, computador de datos y monitor ,dado a las diferentes fluctuaciones de energía que se presentan allí por lo que se requiere una estación de suministro de energía fotovoltaica, una señal de voltaje regulada, y un control sobre el consumo mediante el estado de las baterías para que el sistema tenga una autonomía en el consumo de 24 horas en los equipos anteriormente mencionados.

Para el diseño del sistema solar fotovoltaico se consideraron los fundamentos teóricos existentes sobre el tema, entre ellos la enseñanza y formación profesional del personal en meteorología e hidrología operativa de la Organización Mundial De Meteorología (OMM), Manuales sobre energía renovable, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para

el Desarrollo (CYTED) y la información climática de estaciones meteorológicas del IDEAM.

El análisis elaborado con lleva a la instalación de una estación de suministro de energía fotovoltaica constituida por un conjunto de equipos construidos e integrados especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales:

- Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica
- Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada
- Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada
- Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada

En el mismo orden antes mencionado, los componentes fotovoltaicos encargados de realizar las funciones respectivas son:

- Panel fotovoltaico
- La batería
- El regulador de carga
- El inversor
- Sistema de iluminación

Mediante el aporte suministrado por la información climática de estaciones meteorológicas del IDEAM se determinó el año tipo meteorológico para cada variable con la cual se caracteriza climatológicamente la zona que en este caso es Bogotá.

### ***1.2 Estado del arte:***

Colombia ya cuenta con su propio centro de radiación solar (CNRS) que está ubicado en la sede principal de la Fundación Universitaria los Libertadores en Bogotá, donde opera el laboratorio de radiometría solar. En este laboratorio, único en Colombia y referente en América Latina junto con el de Argentina y Perú, se investigan fenómenos de la radiación solar con un semillero de jóvenes científicos y varios equipos de tecnología de punta también únicos en Colombia que sirven para:

Hoy el CNRS en su quehacer investigativo, ha realizado alianzas interinstitucionales con: el IDEAM, la Unidad de Planeación Minero-Energética UPME y Colciencias. A partir del 2011 hasta la fecha, en asocio con estas instituciones ha desarrollado proyectos de gran impacto para el país: la calibración de los radiómetros en las instalaciones meteorológicas del IDEAM, con esta información se elaboraron los Atlas de Radiación Solar Ultravioleta y Ozono (Donde nos muestra que existe un espectro radiómetro ultravioleta con filtros para medir con precisión las bandas espectrales de radiación ultravioleta UVB y UVA, utilizadas para determinar los Índices UV que son indicadores de riesgo humano como el cáncer, el daño en la piel, en el pelo, en las uñas, etc); con la evaluación de dirección y velocidad del viento se elaboraron los Atlas Eólicos del IDEAM. Estos dos atlas han sido útiles para simular modelos de predicción climática en los sectores energético, de agro y salud. También para ayudar a los usuarios que se beneficia con esta información meteorológica

para resolver necesidades o certificar hechos tales como: las Fuerzas Militares y entes de control.

Para el IDEAM también se desarrolló la verificación y el control de calidad de los datos de las variables meteorológicas en las estaciones de Pasto, Bogotá, Riohacha y Leticia que permitió obtener el aval del Centro Mundial de Radiación Solar de Davos, Suiza. Una fortaleza del CNRS es que la universidad desde el 2011 adquirió los instrumentos de referencia mundial. Tiene un estándar mundial de radiación solar y con el que se patrona todos los radiómetros en Colombia. Es una fuente imperativa para el ordenamiento territorial, para medir el actual ritmo climático, las alertas tempranas o las variables del clima.

El Laboratorio de Radiometría Solar del Centro Nacional de Radiación Solar (CNRS) investigan procesos físicos de interacción de la radiación solar con los diferentes gases y material particulado, suspendidos en la atmósfera.

También es en una estación de Vigilancia Atmosférica Global (VAG), que adiciona a las medidas tradicionales meteorológicas, otras variables ambientales como columna total de ozono, distribución vertical de ozono, concentración de aerosoles, turbiedad atmosférica, radiación ultravioleta UV-B, Índices UV y de lluvia ácida.

Entre sus grandes objetivos se encuentra el mantener permanentemente la Referencia Mundial de Radiación Solar (WRR), Obtenida con el Pirheliómetro de Cavidad Absoluta calibrado en el Centro Mundial de Radiación Solar de Davos Suiza. Igualmente, en el CNRS se pueden calibrar todos los radiómetros que operan en el país como los del IDEAM, las Corporaciones Regionales, las universidades y demás gremios que tienen como tarea vigilar la calidad de los datos radiométricos que reporten las estaciones. Otro eje de acción es capacitar a funcionarios y corporaciones en operación de radiómetros, calidad y conformación de series confiables de datos; actualizar la base de datos radiométricos; elaborar modelos matemáticos de transferencia radiactiva de la radiación solar en su paso por la atmósfera.

Varias comunidades se han visto favorecidas con aplicaciones logradas por el Laboratorio de Radiometría Solar como la de energía solar fotovoltaica que ha servido para proporcionar bombeo de agua subterránea y aplicar micro riego en cultivos de maracuyá en el municipio de Granada (Meta); así como el aprovechamiento de la energía solar térmica de un deshidratador de pulpa de fruta y el diseño de calentadores solares para suministrar agua caliente en el consumo doméstico. Entidades como Cenicafe de la Federación Nacional de Cafeteros, la Corporación Regional CAR, Cenicaña, la Industria Azucarera de Colombia, las universidades del Tolima y de Córdoba, y un gran número de ingenieros y técnicos del IDEAM se han visto beneficiados en conocimiento aplicado a través del Centro Nacional de Radiación Solar (CNRS) de la Fundación Universitaria Los Libertadores.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> HSB NOTICIAS.COM, 2016

## 2. MARCO TEORICO:

### 2.1.1 *Dimensionado de un sistema fotovoltaico*

Al igual que ocurría en las instalaciones de agua caliente por energía solar, un correcto dimensionado es fundamental, no solamente para que la instalación funcione debidamente, sino para que la vida de ésta sea larga, que es el objetivo principal. Los elementos constituyentes de la instalación deben guardar entre si la proporción justa y equilibrada. De nada serviría sobredimensionar el campo de paneles con el propósito de producir más energía, si baterías tienen escasa capacidad para almacenarla, pues se perdería la mayoría de ella. Un regulador de menor amperaje que el indicado o un simple conductor de sección insuficiente pueden ser causa de avería y paralización de la instalación, por lo que cada componente de la misma debe ser cuidadosamente calculado y elegido por el proyectista entre la gama del catálogo comercial. El dimensionado debe tener siempre en cuenta el posible perjuicio en el caso de una paralización de la instalación. Así, por ejemplo, si ésta suministra energía eléctrica a un equipo de radioenlace, cuyo funcionamiento puede ser vital, no se debe regatear en potencia de paneles a instalar ni en capacidad, calidad de la batería y demás elementos, aun a costa de que sólo se utilice normalmente una pequeña fracción de la energía potencialmente obtenible. Si, por el contrario, se trata de una instalación de iluminación de viviendas, puede ser más rentable para el usuario asumir el riesgo de tener que reducir el consumo incluso por debajo del mínimo necesario durante determinados días al año, que instalar más paneles y una batería de mayor capacidad, pagando un sobreprecio considerable por tener más seguridad de suministro bajo cualquier circunstancia.

Se comprende que el tema del dimensionado debe abordarse antes de comenzar el cálculo de cada elemento, en función de la necesidad razonable del usuario, capacidad económica de éste y preferencias determinadas, siendo imprescindible que el proyectista recoja toda la información posible directamente de quienes van a ser los que disfruten la instalación, tratando de satisfacer sus requerimientos hasta el límite de lo posible. El usuario debe saber desde el primer momento, esto es, antes de procederse a efectuar el proyecto de la instalación, cuáles van a ser las posibilidades y limitaciones de la misma y haberlas asumido perfectamente. De otro modo, puede haber descontento por una escasa información o, simplemente, por falta de comunicación previa entre la empresa y los usuarios. Una instalación fotovoltaica no tiene ninguna limitación técnica en cuanto a la potencia eléctrica que puede producir; solamente motivos de economía y rentabilidad establecen una acotación al número de paneles y acumuladores a instalar. A veces, dicho límite puede ser voluntariamente alterado por el propietario de la instalación bajo su propia responsabilidad, pero siempre tomando la decisión después de haber sido perfectamente informado de las posibles opciones, sus costes, ventajas e inconvenientes. El mayor número de aplicaciones que se están realizando actualmente son pequeñas instalaciones para iluminación de viviendas a las que no llega la red general, de bombeo, instalaciones agrícolas varias, de señalización, albergues, refugios, campings, chalets de veraneo y fines de semana, etc., por lo que casi siempre escogeremos alguna instalación de éstas en los ejemplos prácticos. Normalmente, al calcular producción y consumos, lo hacemos empleando unidades de energía (es cómodo y práctico utilizar el W.h). Algunos métodos de cálculos se refieren a unidades de intensidad eléctrica y hablan de «amperios consumidos»

o «amperios producidos», lo que puede causar alguna confusión, razón por lo que los evitaremos en lo posible.

### ***2.1.2 Criterios de partida Estudio de las necesidades a Cubrir***

De acuerdo con lo dicho anteriormente, el primer paso es definir perfectamente los objetivos de una instalación, atendiendo a las necesidades reales de los futuros usuarios y a sus requerimientos concretos. Para ello, el proyectista debe recabar información de la utilización prevista, no sólo inicialmente, sino durante los años futuros. Desde el primer momento, puede darse al usuario la opción de efectuar una instalación modular, prevista de forma que resulte fácil ir añadiendo paneles y acumuladores a medida que las necesidades de éste crezcan. Esto resulta algo más caro, pero puede ser interesante siempre que el usuario prevé esta posibilidad. Una norma razonable sería proyectar la instalación para satisfacer el consumo inicialmente necesario, más el producido por una probable ampliación prevista para el segundo o tercer año.

Todos los datos referentes a los consumos previstos deberán recopilarse y anotarse, a fin de proceder a una primera evaluación de los mismos. Si no se reconoce la potencia real de los aparatos, por ejemplo de la TV o de una maquinilla de afeitar eléctrica, es preciso indagar a través del fabricante o proveedor de los mismos, teniendo además en cuenta que una cosa es la potencia teórica y otra la consumida en la práctica, que es superior, debido a la pérdida por rendimiento. No hay que pensar que un tubo fluorescente con la indicación <<20 W>> va a consumir 20 W realmente, pues existirán pérdidas, tanto del propio tubo, como en los accesorios que necesite para su funcionamiento (por ejemplo, las reactancias). No pueden establecerse valores fijos para determinar las pérdidas por rendimientos, y a veces no quedará más remedio que estimarlas o englobarlas en un solo coeficiente corrector del consumo total. En cualquier caso, lo ideal es que se pueda comprobar por sí mismo el consumo real de cada uno de los elementos que con más frecuencia se utilicen (luminarias, convertidores, reguladores, bombas agua, etc.) para, de esta forma, disponer de datos experimentalmente comprobados y, por tanto, muy fiables. Una vez determinadas, teórica o experimentalmente, las potencias consumidas por cada aparato, es preciso estimar, y esto ha de hacerse de acuerdo con el usuario, los tiempos medios de utilización diarios, semanales, mensuales o anuales de cada uno de ellos, teniendo también en cuenta los posibles altibajos motivados por causas diversas, ya sean éstas periódicas o no. Por ejemplo, un agricultor puede necesitar mucha más agua en determinados períodos, o una familia puede gastar más luz durante los fines de semana que en los demás días.

En los casos más simples, en los que el consumo es más o menos homogéneo a lo largo del año, pueden establecerse unos tiempos medios diarios, que se suponen constantes. En otros supuestos habrá que anotar las irregularidades periódicas o estacionales que pudieran producirse (siempre referidas a las necesidades o previsiones de consumo). En un típico caso de iluminación de vivienda de uso doméstico se debe considerar una potencia y un tiempo medio diario de consumo mínimos, de acuerdo con los valores de la tabla 1.



Tabla 1. Potencia y tiempos mínimos para instalaciones fotovoltaicas de iluminación de viviendas aisladas.

TABLA 1. POTENCIA Y TIEMPOS MINIMOS PARA INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS DE ILUMINACION DE VIVIENDAS AISLADAS	
Cuarto de estar	18W durante cinco horas diarias
Comedor	18W durante cinco horas diarias
Dormitorio	8W durante 1/2 hora diaria
Aseos	18W durante 1 hora diaria
Cocina	18W durante 2 horas diaria
TV	32W durante 4 horas diaria
Pasillos, entradas y otros	18W durante 2 horas diaria

En cualquier caso. El consumo diario previsto no debe suponerse menor a 250 W.h/día, que representa un valor mínimo.

Tabla 2. Potencia media de algunos aparatos de corriente continua.

TABLA 2.Potencia media de algunos aparatos de corriente continua	
lavadora (sin centrifugado ni calentamiento de agua )	275 W
Plancha	75 W
Frigorífico	75 W
secador de pelo	100 W
extractor de humos	50 W
Ventilador	25 W
Taladrador	40 W
Batidora	75 W
molinillo de café	10 W

Tabla 3. Consumos medios diarios estimados

Tipos de consumo	Potencia ( W )	Tiempo (h)	Consumo ( W. h )
Salo comedor ( 2 puntos de luz de 18 W )	36	6	216
3 Dormitorios ( 3 puntos de luz de 8 W )	24	0.45	10.8
1 Aseo ( 1 punto de luz de 18 W )	18	1.5	27
Cocina ( 1 punto de luz de 18 W )	18	3	54
1 Frigorífico	75	8	600

Tipos de consumo	Potencia ( W )	Tiempo (h)	Consumo ( W. h )
Pasillo ( 1 punto de luz de 18 W )	18	1	18
TV	40	3	120
Varios	20	2	40
	total de potencia = 249		total consumo= 1085.8

Resulta cómodo elaborar una tabla de consumos, análoga a la que se expone a continuación a título de muestra.

Ejemplo:

Instalación fotovoltaica de iluminación de vivienda unifamiliar. Datos de consumo:

- Datos de identificación: (ubicación, titular, etc.).
- Superficie útil de la vivienda (superficie habitable).
- Número de usuarios (conviene indicar el número de niños y el de adultos).
- Meses de utilización al año (12 o menos).
- Días de utilización en la semana.
- Periodo de utilización máximo y mínimo,
- Consumos no periódicos (aumento circunstancial de usuarios, utilización de energía para obras, etc.).

#### CONSUMOS MEDIOS DIARIOS ESTIMADOS

- Potencia máxima de consumo simultaneo =200 W
- Necesidad de uso de convertidor (en caso afirmativo, detállense su potencia y rendimiento y si va a existir solamente circuito de corriente alterna o también de corriente continua).
- Tensión de consumo elegida normalmente 12 o 24 V
- Energía requerida Et (la suma de los consumos más las pérdidas para aquellos aparatos que utilicen convertidor).

La hoja de datos de consumos representa el punto de partida para el cálculo de la instalación.

Si fuera preciso, pueden también especificarse los tiempos de consumo mensual y de anuales, en la misma hoja de datos o en otras diferentes. Esto resultara útil para aquellos casos en que el consumo no sea aproximadamente homogéneo a lo largo del año.

Asimismo, en los casos de consumos concentrados en algunos días de la semana (por ejemplo, durante los fines de semana) conviene desglosar los datos de consumo por días con periodo semanal

Observaciones:

- Solamente deben considerarse los puntos de luz que normalmente están encendidos, aunque haya más instalados. Por ejemplo, es corriente disponer en los dormitorios de dos puntos de luz, uno en el techo, para la iluminación de toda la estancia, y otro en la cabecera de la cama, pero normalmente nunca van a estar ambos encendidos a la vez, de modo que, a efectos de cálculo de consumos, se considera como si existiese un solo punto de luz en cada dormitorio (no así a la hora de efectuar el presupuesto, pues hay que tener en cuenta el coste del tendido y el de la luminaria).
- Es difícil saber el tiempo que el motor del frigorífico permanece funcionando a lo largo de 24 horas, pues se conecta y desconecta varias veces. Es preciso estimado aproximadamente. Por otra parte, se procurará, siempre que sea posible, elegir un frigorífico que funcione con gas butano en vez de con electricidad, ya que este aparato consume mucha energía.
- Aunque la potencia total obtenida sumando todas potencias individuales de aparatos resulta ser en el anterior ejemplo igual a 249 W, nunca van a estar todos simultáneamente activos, de modo que la potencia punta es menor (en el ejemplo expuesto se ha supuesto igual a 200 W). este dato es importante para elegir el fusible de seguridad o el interruptor automático por exceso de intensidad.
- Si se utiliza convertidor es preciso señalar si únicamente va a ser conectado a determinados aparatos (por ejemplo a un frigorífico o una lavadora de corriente alterna), o si toda la red va a trabajar sobre tensión alterna. En el primer caso el rendimiento del convertidor afectara solo a parte del consumo.

Los usuarios de la instalación deben ser conscientes desde el primer momento de lo importante que es respetar los valores de consumo previstos. Un alto porcentaje de fracasos en instalaciones solares se debe a que los consumos reales son mucho mayores que los estimados partiendo de los datos suministrados por el propio usuario. En una vivienda electrificada por la red convencional, ciertos descuidos, como dejar luces encendidas, abrir constantemente la puerta del frigorífico o mantener la TV funcionando aunque nadie esté atento, solamente suponen unas pocas pesetas adicionales en el recibo de la electricidad. En el caso de una instalación solar, pueden suponer el tener que quedarse a oscuras durante varios días.

Muchas quejas de los usuarios relativas a la frecuencia con que la alarma de baja carga de la batería se activa tienen su origen en que, por descuido o ignorancia, al pensar que la energía era gratuita e inagotable, conocían inconscientemente mucho más de lo que ellos mismos suponían.

Un medidor de A.h es un instrumento útil para controlar el consumo de una instalación y verificar si esta dentro de los límites de lo tolerable, de acuerdo con las condiciones de diseño.

Para servir de base al cálculo de la instalación han de tomarse los consumos del mes más desfavorable del año, entendiendo como mes más desfavorable aquel en que el cociente entre la intensidad solar incidente y la energía consumida alcance el valor más bajo. En muchos dichos meses suele ser el de diciembre.

Para la determinación de consumos de bombas para extracción o elevación de agua hay que tener en cuenta que el rendimiento de las mismas es muy bajo, sobre todo si son de pequeña potencia, por lo que el consumo eléctrico real nunca ha de calcularse solamente partiendo de los datos o de la curva de caudal-altura manométrica, sino fijándose en la potencia eléctrica real consumida por la bomba, de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante. A menudo encontramos una potencia teórica (fijándose en el caudal y la altura) que es solamente la mitad, e incluso un tercio, de la potencia eléctrica realmente consumida por la bomba, que es la que cuenta a la hora de evaluar los consumos, al igual que lo que ocurría con la bomba de circulación utilizada en las instalaciones de A.C.S.

Incluso en aquellas aplicaciones que podríamos llamar <<profesionales>>, como alimentación de equipos de radiotransmisión, repetidores de señales de TV, radiotelégrafos militares, etc., a menudo se cometen errores de partida en la asignación de la potencia consumida por los diferentes equipos electrónicos alimentados. Siempre es aconsejable que el propio proyectista, o la empresa responsable de la instalación, pueda medir experimentalmente, mediante un vatímetro, la potencia real consumida por cada aparato. El pequeño gasto adicional que supone esta verificación previa deberá estar incluido en el presupuesto de todas las instalaciones solares cuyas potencias instaladas superen los 100 W.

En cualquier caso, el proyectista es responsable de que la instalación fotovoltaica esté correctamente dimensionada para satisfacer los consumos previstos de acuerdo con los datos de partida suministrados por el propietario de la instalación, a menos que se hayan efectuado medidas previas experimentales. Este punto es importante que se recoja en el contrato o en el propio proyecto de la instalación, pues en el supuesto de que ésta sea insuficiente por resultar falsos los consumos previstos, el fracaso no debe ser imputado al proyectista, si este no ha podido efectuar las medidas experimentales pertinentes.

### ***2.1.3 Cálculo de la capacidad y determinación del acumulador.***

Lo primero que se ha de determinar, como paso previo al cálculo del acumulador de una instalación, es el número máximo N de días de autonomía previstos para la misma. Dicho número debe ser asignado por el proyectista de acuerdo con las características climatológicas de la zona, el servicio que la instalación preste y las circunstancias particulares de cada usuario.

Teóricamente N representaría el máximo número de días consecutivos que pudieran producirse con condiciones absolutamente desfavorables (totalmente cubiertos). Durante este periodo los paneles no recogen prácticamente energía y todo el consumo se hace a expensas de la reserva de la batería, la cual disminuye rápidamente su nivel de carga.

Si deseásemos cubrir eventuales largos periodos nubosos, que aunque con poca frecuencia, siempre se producen, los cálculos nos llevarían a prever una capacidad de baterías muy grandes, con un coste elevado, lo cual solamente puede tener justificación cuando se trate de instalaciones especialmente importantes en relación al servicio que presten (telecomunicaciones, instalaciones militares, etc.). En los casos normales, como por

ejemplo la iluminación de viviendas, es preferible reducir algo el número N de días de autonomía, aun a costa de correr el riesgo de que alguna vez haya que recortar el consumo para evitar descargar la batería más de lo conveniente.

La tabla 3 expresa el número de días de autonomía que pueden aceptarse para cada capital de provincia. La columna de la izquierda es el número de días consecutivos totalmente cubiertos que cabe esperar que se puedan producir, como máximo, teniendo en cuenta los modelos estadísticos obtenidos a partir de los datos meteorológicos de los últimos años. Dicho número puede utilizarse en los casos en que se desee asegurar al máximo el servicio de la instalación.

La columna central es la que se recomienda usar para la mayor parte de los casos normales, como electrificación de viviendas, con un presupuesto económico no demasiado ajustado.

La columna de la derecha representa el número mínimo absoluto de días de autonomía que se deben utilizar (un número menor haría que los usuarios tuviesen problemas frecuentes de descargas de las baterías).

Esta última columna puede servir para asignar el número de días de autonomía en instalaciones en las que el bajo presupuesto sea un factor importante. Aun utilizando la columna derecha de la tabla 3, no es muy probable que se llegue a superar el período de autonomía más de un par de veces al año, bastando tener la precaución de reducir el consumo habitual, a fin de alargar las reservas de las baterías. Esto probablemente no supondría grave incomodidad al usuario y, sin embargo, conllevaría un considerable ahorro económico al permitir utilizar un modelo de la batería de menor capacidad.

Una vez fijado el número N de días de autonomía máxima, y supuesto también conocida la energía total teórica E, requerida  $E_t$  un período de 24 horas, obtenida a partir de las potencias y del tiempo medio de funcionamiento diario de cada aparato de consumo (teniendo en cuenta que, caso de existir diferencias estacionales en el consumo habrán de tomarse siempre los valores correspondientes al mes más desfavorable), procederemos a hallar la energía real necesaria E que, proveniente de los paneles, debe recibir el acumulador, del cual habremos decidido el tipo y características básicas y, por tanto, conoceremos la profundidad de descarga máxima admisible, Pd.

La energía E equivaldrá exactamente a la energía que se necesite diariamente, teniendo en cuenta las diferentes pérdidas que existen y, puede, demostrarse, aunque no lo haremos por considerarlo innecesario, dado el objetivo práctico del curso, que una expresión razonablemente precisa de su valor es:

$$E = E_t / R \quad [1]$$

Donde R es un factor global de rendimiento de la instalación, que vale:

$$R = 1 - [(1 - K_b - K_c - K_v) K_a N / P_d] - K_b - K_c - K_v \quad [2]$$

Siendo:

$K_b$ = Coeficiente de pérdidas por rendimiento en el acumulador.

$K_a$ = Coeficiente de autodescarga.

$k_c$  = Coeficiente de pérdidas en el convertidor, si existe y afecta a toda la red de consumo. En el otro, supuesto de que sólo se utilizarse para algunos aparatos,  $k_c$  se supondrá igual a cero incluyendo en este caso las pérdidas del convertidor en el cálculo previo de los aparatos que afecte.

$K_v$  = Coeficiente que agrupa otras pérdidas (rendimiento global de toda la red de consumo, pérdidas por efecto Joule. etc.)

Vamos a analizar con más detalle caria uno de los anteriores coeficientes.  $K_b$  indica la fracción de energía que la batería no devuelve con respecto a la absorbida procedente de los paneles, es decir, a la que entra en la batería.

Dentro de la batería, durante los procesos químicos que tienen lugar, siempre existe una pequeña producción de energía calorífica. A falta de datos concretos, el coeficiente  $k_b$ , puede tomarte igual a 0,05 para servicios en condiciones que no demanden descargas intensas (caso normal en instalaciones de energía solar) e igual a 0.1 en otros casos desfavorables (acumuladores viejos, descargas más fuertes, temperaturas bajas, etc.,).

TABLA 4.DIAS DE AUTONOMIA RECOMENDADOS PARA BATERIAS EN SERVICIO TODO EL AÑO (O EN INVIERNO)

	MAXIMO	NORMAL	MINIMO			MAXIMO	NORMAL	MINIMO
1. Alava	25	20	15	27	León	23	18	14
2.Albacete	19	15	11	28	Lérida	23	18	14
3. Alicante	16	13	10	29	Lugo	24	19	14
4. Almeria	15	12	9	30	Madrid	20	16	12
5. Asturias	24	19	14	31	Malaga	15	12	9
6.Avila	22	18	13	32	Melilla	13	10	8
7.Badajoz	20	16	12	33	Murcia	15	12	9
8.Baleares	19	15	11	34	Navarra	24	19	14
9.Barcelona	20	16	12	35	Orense	24	19	14
10.Burgos	24	19	14	36	Palencia	24	19	14
11.Caceres	19	15	11	37	Las Palmas	8	6	5
12.Cádiz	16	13	10	38	Pontevedra	21	17	13
13.Cantabria	24	19	14	39	La rioja	23	18	14
14.Castellón	17	14	10	40	Salamanca	22	18	13
15.Ceuta	13	10	8	41	Sta. C. Tenerife	12	10	7
16.Ciudad Real	19	15	11	42	Segovia	22	18	13
17.Córdoba	18	14	11	43	Sevilla	18	14	11
18.La Coruña	22	18	13	44	Soria	21	17	13

	MAXIMO	NORMAL	MINIMO			MAXIMO	NORMAL	MINIMO
19.Cuenca	21	17	13	45	Tarragona	19	15	11
20.Gerona	19	15	11	46	Teruel	22	18	13
21.Granada	17	14	10	47	Toledo	21	17	13
22.Guadalajara	21	17	13	48	Valencia	19	15	11
23.Guipúzcoa	23	18	14	49	Valladolid	25	20	15
24.Huelva	16	13	10	50	Vizcaya	24	19	14
25.Huesca	22	18	13	51	Zamorra	24	19	14
26.Jaén	19	15	11	52	Zaragoza	21	17	13

$K_a$ , representa la fracción de energía de la batería que se pierde diariamente por autodescarga. El fabricante debe especificar este dato, normalmente para un período de tres, seis o doce meses, bastando dividir el valor especificado por el número de días del período correspondiente. El valor por defecto que se suele asignar a  $k_a$ , a falta de más información, es 0.005 (0.5 % diario).

Otras veces dispondremos del gráfico de la autodescarga, habiendo de efectuar un simple cálculo. Así, por ejemplo, si viéramos en un gráfico que, debido a la autodescarga, la capacidad de un determinado modelo de batería se reduce al 75 % de la inicial una vez transcurrido seis meses, se tendrá:

$$(100 - 75)/100 = 0.25 \text{ (En seis meses)}$$

$$k_a = 0.25/180 \text{ días} = 1.39 \times 10^{-3} \text{ día}^{-1} \quad [3]$$

Hay que tener en cuenta que la autodescarga depende, entre otros factores, de la temperatura, aumentando al aumentar ésta. Por ello, y dado que los valores standard suelen venir referidos a una temperatura media (unos 20 ó 25 °C) es preciso tener en cuenta que este factor puede alterarse en algunos casos.

En el supuesto de que solamente se conozca el tipo de batería que se va a utilizar, podemos estimar los siguientes valores para  $k_a$ :

$2 \times 10^{-3} \text{ día}^{-1}$  Para baterías de baja autodescarga, como las de Ni-Cd o las de Pb-Ca, sin mantenimiento.

$5 \times 10^{-3} \text{ día}^{-1}$  Para las baterías estacionarias de Pb normalmente utilizadas en cuerda solar.

$12 \times 10^{-3} \text{ día}^{-1}$  Para el resto de las baterías de alta autodescarga, incluidas las de arranques utilizados en los automóviles.

Si  $k_a$  la calculamos basándonos en los datos suministrados por el fabricante para una temperatura de 20 ó 25 °C, podemos estimar la autodescarga  $k_a$ ; para cualquier otra temperatura  $t$  en °C (en el intervalo desde —5 °C hasta 45 °C), por medio de la expresión:

$$k_a = (0.0014 t_o 2.4 - 0.0021 t_o + 0.4) k_a \quad [4]$$

Esta corrección solamente es importante en los casos de grandes capacidades y en que la temperatura media anual del lugar donde se encuentren los acumuladores sea menor de 15 °C o mayor de 25 °C.

El rendimiento de los convertidores debe ser suministrado por el fabricante y suele oscilar entre un 75 % y un 95 %. A falta de otros datos, podemos tomar  $k_c = 0.2$  para los convertidores sinodales y  $k_c = 0.1$  para los de onda cuadrada. Para simplificar, suponemos que el consumo propio de los circuitos del convertidor está tenido en cuenta en  $k_c$ , aunque en el caso de grandes potencias es aconsejable desglosar el valor del consumo del propio convertidor y las pérdidas que origina.

El factor  $k_v$  agrupa cualquier otra pérdida no considerada anteriormente. Cada aparato eléctrico desprende algo de energía que se convierte en calor no deseable. Lo mismo sucede en los propios cables de conducción y en las diversas conexiones. Esto hace que la potencia real consumida siempre sea mayor que la calculada a partir de la potencia nominal o teórica que figura en la etiqueta de especificaciones técnicas del aparato. La relación es variable, siendo 0.15 un valor medio razonable para  $k_v$ , que puede reducirse a 0.05 si ya se han tenido en cuenta los rendimientos de cada aparato englobándolos en los datos de consumo.

Una vez calculados R y E, se halla el valor de la capacidad útil C, que debe tener la batería que será igual a la energía total E que es preciso producir diariamente multiplicada por el número N de días de autonomía, ya que la batería debe ser capaz de acumular toda la energía necesaria para dicho periodo.

$$Cu = EN \quad [5]$$

Si E se mide en julios,  $C_u$  resultará también en julios, aunque es costumbre medir E en W.h y expresar entonces en A.h dividiendo simplemente  $C_u$  entre la tensión nominal de la batería (normalmente 12 ó 24 V). Por simplicidad, se usa indistintamente el mismo símbolo para designar la capacidad en W.h y A.h.

La capacidad nominal C asignada por el fabricante será igual al cociente entre  $C_u$  y la profundidad máxima de descarga admisible  $P_d$ .

$$C = Cu/P_d \quad [6]$$

De nuevo, estas capacidades están referidas a unas condiciones estándares, midiéndose normalmente a una temperatura de 20 ó 25 °C, por lo que habrá que efectuar algunas correcciones, cuando procedan.

Para aplicaciones solares las descargas de las baterías son muy lentas, de modo que su capacidad real nunca va a ser inferior a las marcadas por el fabricante. Sin embargo, las bajas temperaturas pueden afectar negativamente a la capacidad real.

Es necesario tener en cuenta las curvas características de cada tipo de acumulador, como las ofrecidas



Si no se dispone de datos, puede estimarse la capacidad real  $C'$  a una temperatura de  $t$  °C en función de la capacidad nominal a 20° ó 25°, usando la expresión siendo:

$$C' = KT \quad [7]$$

En cuanto a la profundidad de descarga máxima admisible, se atenderán las recomendaciones del fabricante, teniendo en cuenta que los elementos de seguridad desconectarán la carga de consumo cuando la batería se acerque al nivel de descarga máximo permitido.

En la práctica, y para pequeñas instalaciones, no se suele efectuar corrección alguna por temperatura ni por régimen de descarga, pues ambos efectos se compensan aproximadamente entre sí, ya que la capacidad, al ser la descarga lenta, es algo mayor que la especificada por el fabricante (normalmente para un tiempo de 20 ó 50 horas), aunque debido a la temperatura que la batería vaya a soportar, puede disminuir con respecto a su valor nominal.

Finalmente, se elige la batería del catálogo de marcas escogido que más se aproxime al valor de  $C$  calculado, ya que no se fabrican baterías de cualquier capacidad, sino tan sólo de unos valores determinados de la misma. En el caso de que el valor de  $C$  calculado coincidiese más o menos entre dos de los valores de catálogo, recomendamos elegir la opción por exceso (la batería de mayor capacidad) para obtener un margen de seguridad. Sin embargo, si el valor de  $C$  resultase tan sólo ligeramente superior a alguno del catálogo, puede elegirse este último sin inconveniente alguno, pues la pequeña diferencia resulta despreciable en el contexto general del cálculo. Si no existe ningún modelo con capacidad suficiente, habremos de recurrir a combinar en paralelo dos o más modelos de inferior capacidad hasta obtener aproximadamente la capacidad total deseada.

Ejemplo 1: Consideremos una instalación que consume 200 W•h al día y supongamos los siguientes valores:

$$\begin{aligned} N &= 15 \text{ días} \\ P_d &= 60 \% (0.6) \\ k_b &= 0.05 \\ k_c &= 0.2 \\ k_a &= 2 \times 10^{-3} \\ k_v &= 0.15 \end{aligned}$$

Se tendrá:

$$R = 1 - (1 - 0.05 - 0.2 - 0.15)2 \times 10^{-3} \times 15/0.6 - 0.05 - 0.2 - 0.15 = 0.57$$

$$E = E_T/R = 200/0.57 = 351 \text{ W} \cdot h$$

La capacidad útil del acumulador ha de ser:

$$C_u = EN = 351 \times 15 = 5265 \text{ W} \cdot h$$

Y, supuesto que sea de 12 voltios, expresando dicha capacidad en A•h:

$$C_u = 5265/12 = 439 \text{ A} \cdot h$$

La capacidad nominal sería:

$$C = 439/0.6 = 732 \text{ A} \cdot h$$

Probablemente habríamos de escoger tres de 250 A•h, o quizás cinco de 150 A•h cada uno (en el supuesto de que usáramos baterías tipo «monobloc» y no elementos individuales).

Ejemplo 2:

$$E_r = 350 \text{ W.h/día}$$

$$N = 20 \text{ días}$$

$$P_d = 0.75$$

$$K_b = 0.05$$

$$K_c = 0 \text{ (no existe convertidor)}$$

$$k_a = 7 \times 10^{-4}$$

$$k_v = 0.15$$

$$R = 1 - (1 - 0.05 - 0.15) \times 7 \times 10^{-4} \times 20/0.75 - 0.05 - 0.15 = 0.79$$

$$E = E_r/R = 350/0.79 = 443 \text{ W} \cdot h$$

$$C_u = EN = 8860 \text{ W} \cdot h \text{ (738 A} \cdot h \text{ si el voltaje nominal es 12 V)}$$

$$C = 738/0.75 = 984 \text{ A} \cdot h \text{ (se escogería una combinación que totalizara 1000 A} \cdot h \text{)}$$

#### 2.1.4 Cálculo de la potencia de los paneles

El valor de E obtenido anteriormente es la energía que debe entrar a través de los bornes del acumulador, la cual tiene su origen en los paneles. Sin embargo, entre estos y la batería suele estar instalado un regulador que, como sabemos, disipa energía en forma de calor o bien corta el suministro durante ciertos períodos, por lo que la cantidad diaria  $E_p$ , que deben producir los paneles debe ser siempre superior a E.

Es difícil evaluar con precisión las pérdidas del regulador, ya que éstas dependen del estado de carga de la batería, que a su vez depende del perfil de consumo diario. Así, evidentemente, en aquellos momentos en que la batería esté totalmente cargada, el regulador no dejará pasar ninguna energía. Por término medio, consideramos que un 10 % de la energía que produzcan los paneles va a ser disipada en el regulador y no se convertirá en energía útil.

En las épocas del año más favorables las baterías se encuentran en estado de máxima carga durante buena parte del día y, por lo tanto, la energía sobrante que podrían teóricamente producir los paneles sería disipada en el regulador, elevando a bastante más del 10 % el valor del factor de pérdidas que hemos considerado. Sin embargo, como el periodo que nos interesa a efectos de dimensionado es el más desfavorable (invierno), en el que el estado de carga máxima se alcanzará pocas veces, el regulador no desaprovechará mucha energía y puede ser aceptable tomar un rendimiento del 90 %.

Por tanto:

$$E_p = E/0.9 \quad [8]$$

Con el fin de evaluar la energía que un panel puede producir diariamente en una determinada localidad resulta útil el concepto del número de horas de sol pico (H.S.P.) del lugar en cuestión y que no es otra cosa que el valor de la energía  $H$  total incidente sobre una superficie horizontal de  $1 \text{ m}^2$ , y expresado en  $\text{kW}\cdot\text{h}$  en vez de en MJ. Como  $1 \text{ kW}\cdot\text{h} = 3.6 \text{ MJ}$ , resulta claro que:

$$H.S.P. = 0.2778 H \quad [9]$$

El significado del nombre «horas de sol pico», esto es, «horas de sol a una intensidad de  $1000 \text{ W}/1112$ » el siguiente:

Desde el amanecer hasta que se pone el Sol, la intensidad que recibe un panel fotovoltaico horizontal varía continuamente. En un típico día claro crece por la mañana, alcanza su máximo al mediodía y decrece por la tarde. Sumando toda la energía recibida a lo largo del día, se obtendría el valor de  $H$ . En realidad en los primeros momentos de la mañana y en los últimos de la tarde la intensidad es demasiado pequeña para que el panel produzca un voltaje apto para ser aprovechado, pero la pérdida de energía que este efecto supone es despreciable (no así en los colectores térmicos que, por ser de un 6 %, dicha pérdida era tenida en cuenta) y no ha de ser considerada.

A efectos de cálculos energéticos sería lo mismo suponer que el panel está recibiendo una intensidad constante de  $1000 \text{ W}/\text{m}^2$  durante un tiempo igual al número de H.S.P., puesto que, al coincidir dicho número de H.S.P. con el número de  $\text{kW}\cdot\text{h}$  de energía incidente en todo el día, en ambos casos se llega al mismo valor de  $H$ .

La ventaja de utilizar este concepto de las H.S.P., qué a primera vista puede parecer extraño, es que permite evaluar más rápidamente los rendimientos energéticos. Por otra parte, los experimentos en laboratorio y los ensayos de paneles fotovoltaicos suelen hacerse en condiciones de 1 sol pico de intensidad ( $1 \text{ kW}/\text{m}^2$ ) y los resultados se expresan siempre en función de dicha hipótesis. Así, la potencia nominal de un panel siempre se supone referida a una intensidad de 1 sol pico.

Resumiendo, si, por ejemplo, en una localidad se reciben en un mes determinado una media diaria de  $12.7 \text{ MJ}$  ( $333 \text{ kW}\cdot\text{h}$ ), el resultado es el mismo que si incidiese una intensidad de

1 kW (1 sol pico) durante 3.53 horas, y se dice que el número de H.S.P. en ese mes es igual a 3.53.

Si los paneles estuviesen instalados horizontalmente, y hallar mediante el número de H.S.P. del lugar considerado en el mes más desfavorable del período de consumo, para saber la energía diaria (teórica) que produciría cada panel de potencia nominal P, sin más que multiplicar dicho valor de P por el número de H.S.P. En el caso, como normalmente ocurre, que estén inclinados, dicha energía se verá afectada por el factor de corrección por inclinación de la tabla 6 del mismo capítulo, que ya conocemos. En todo caso, habrán de tenerse en cuenta y aplicar también las correcciones específicas ya explicadas cuando estudiamos los colectores térmicos (limpieza atmosférica. sombras, albedo del entorno...).

El número de paneles a instalar estará dado por el cociente entre  $E_p$ , y la energía que realmente es capaz de producir cada panel a lo largo del día (le cual estimamos un 10 % menor que la potencia máxima teórica, que suele ser la potencia nominal que especifican los fabricantes). Así pues:

$$\text{Número de paneles} = \frac{E_p}{0.9 P (H.S.P.)} \quad [10]$$

En el factor corrector 0.9 incluimos también las pequeñas pérdidas adicionales debidas, por ejemplo, a la posible suciedad de los paneles, pérdidas por reflexión en los momentos de incidencia muy oblicua, etc.

En aquellos supuestos en que la potencia P, tomada del catálogo del fabricante, ya sea la proporcionada por el panel en las condiciones reales de trabajo, no hará falta utilizar el coeficiente 0.9.

Como normalmente el resultado es un número decimal, recomendamos la opción por exceso, excepto en aquellos casos en que dicho resultado se aproxime mucho más a la cifra por defecto.

Ejemplo:

Si se obtienen 3.7 paneles, instalaremos 4 paneles.

Si se obtienen 3.4 paneles, instalaremos 4 paneles.

Si se obtienen 3.1 paneles, instalaremos 3 paneles.

A veces la decisión de instalar un panel más o no depende de las circunstancias particulares de cada usuario. Por ejemplo, para pequeñas instalaciones, si los cálculos conducen a una potencia a instalar de 40 W, pero solamente podemos obtener paneles de 35 W, quizás sea mejor instalar uno solamente, con la consiguiente economía, advirtiéndole al usuario de la necesidad de moderar el consumo. Si se opta por instalar dos, el consumo puede sobrepasar el inicialmente previsto sin causar problemas aunque, y con el fin de poder aprovechar roedor el exceso de energía producida, sería aconsejable elegir también una capacidad de la batería algo superior a la calculada. En todo caso, la opción final es una cuestión fundamentalmente económica.

Esquema del proceso de cálculo para determinar la capacidad del acumulador y el número de paneles necesarios

- Partir de la potencia en vatios de cada aparato de consumo (con o sin convertidor) y estimar el número medio de horas de funcionamiento de cada uno en el día medio del mes más desfavorable.
- Calcular en  $W \cdot h$  el consumo diario  $E_T$  en el mes más desfavorable. (En su caso, se calcularán también los consumos semanales, mensuales o anuales, así como los periódicos o de periodicidad distinta a los citados).
- Elegir el número  $N$  de días de y averiguar la profundidad de descarga máxima permitida para el acumulador (normalmente un 0.8 para los de Ni-Cd o los estacionarios de Pb-SO y 0.4 para los de Pb-Ca). Determinarse también el valor de la autodescarga diaria, si se tienen datos suficientes. ,
- Calcular la energía necesaria  $E = E_T/R$

$$R = 1 - [(1 - k_b - k_c - k_v) k_a N / P_d] - k_b - k_c - k_v \quad [11]$$

Los valores más usuales (a tomar en defecto de otros más precisos) son:

$$k_b = 0.05$$

$$k_a = 0.005$$

$$k_c = \begin{cases} 0 & \text{Si no existe convertidor o si el rendimiento de éste ya se ha tenido en cuenta al calcular la potencia real consumida por los aparatos a los que afecta.} \\ 0.2 & \text{Cuando existe un convertidor senoidal que afecta a todo el circuito de consumo.} \\ 0.1 & \text{En el caso de que el convertidor sea de onda cuadrada.} \end{cases}$$

$$k_v = \begin{cases} 0.15 & \text{Si las potencias de partida utilizadas en el apartado 1 las teóricas de cada aparato} \\ 0.1 & \text{Caso general, si no se dispone de información en detalle de los rendimientos.} \\ 0.05 & \text{Si las potencias de partida del capítulo 1 son las realmente consumidas por cada aparato, habiendo tenido ya en cuenta sus pérdidas.} \end{cases}$$

- Calcular la capacidad útil de la batería  $C_u = EN$ .
- Calcular la capacidad nominal de la batería  $C = C_u/P_d$
- Buscar la energía  $H$  para el mes más desfavorable y la localidad en cuestión y, si procede, corregir dicho valor según las condiciones de turbidez atmosférica u otros factores climatológicos.
- Hallar el número de horas de sol pico.

$$H.S.P. = 0.2778 kH \quad [12]$$

k es el coeficiente de corrección por inclinación de los paneles ( $15^\circ$  más que la latitud para instalaciones que deben funcionar durante todo el año)

- i. Si los paneles son bifaciales y se montan con un fondo reflectante apropiado, multiplicar e: número H.S.P. por el factor 1.2 (a menos que en la potencia nominal P de dichos paneles ya se incluya la potencia absorbida por la cara dorsal).
- j. La potencia  $E_p$ , que deben producir los paneles es mayor que E; debido principalmente a las pérdidas por usar regulador. Se estima:

$$E_p = \frac{E}{0.9} \quad [13]$$

- k. Calcular el número de paneles necesarios de potencia nominal P.

$$N^\circ \text{ de paneles} = \frac{E_p}{0.9 P (H.S.P.)} \quad [14]$$

Ejemplo:

Un equipo repetidor para radioteléfonos ubicado en la provincia de Jaén presenta las siguientes características:

- Consumo en recepción = 0.5 amperios.
- Consumo en transmisión = 9 amperios.
- Tensión de trabajo = 12 voltios.

El equipo funciona, en modo de recepción, durante las 24 horas al día y durante todo el año.

Se efectúan unas 120 llamadas diarias de un tiempo medio de duración de 3 minutos cada una excepto los sábados y los domingos en los que prácticamente no se efectúan llamadas.

La autonomía que se quiere que tenga el equipo es de 20 días, utilizando baterías de níquel-cadmio con una autodescarga del 4.5 % mensual, según el fabricante.

Los paneles que se han escogido tienen una potencia nominal de 20 W, ¿Cuántos deben instalarse?

Solución:

Procederemos según el esquema de cálculo antes explicado.

1. Como el consumo es igual en todos los meses del año, el mes más desfavorable será, simplemente, aquel en que se reciba menos radiación.
2. Conocemos las intensidades de corriente que requieren los equipos y los tiempos de funcionamiento, por lo que resulta sencillo calcular el consumo diario en  $W \cdot h$ .

— Consumo de lunes a viernes:

Consumo por recepción:  $V_{it} = 12 \times 0.5 \times 24 = 144 \text{ W} \cdot h$ .

Consumo por transmisión:  $V_{it} = 12 \times 9 \times 120 \times 3/60 = 648 \text{ W} \cdot h$ .

Consumo total durante los cinco días laborables =  $5 (144 + 648) = 3960 \text{ W} \cdot h$ .

— Consumo durante el Fin de semana (sólo recepción) =  $2 \times 144 = 288 \text{ W} \cdot \text{h}$ .

Consumo total en una semana =  $3960 + 288 = 4248 \text{ W} \cdot \text{h}$ .

Como lo que nos interesa es un consumo medio diario, éste se obtiene dividiendo el consumo total en una semana, que es el ciclo periódico de consumo de la instalación, entre 7.

$$\text{Consumo medio diario } E_t \text{ } 4248/7 = 607 \text{ W} \cdot \text{h}$$

3. El número de días de autonomía viene fijado de antemano ( $N = 20$ ) y la profundidad de descarga máxima admisible, al tratarse de baterías de Ni-Cd, la tomamos igual al 80 % (0.8).

Como la autodescarga mensual vale 4.5 % (0.045), su valor diario, dado por el parámetro  $k_a$ , será:

$$k_a = 0.045/30 = 0.0015$$

$$4. R = 1 - (1 - k_b - k_c - k_v)k_a N/P_d - k_b - k_c - k_v.$$

Se toma:

$$K_b = 0.05; \quad k_a = 0.0015; \quad k_c = 0; \quad k_v = 0.1$$

Sustituyendo:

$$R = 1 - (1 - 0.05 - 0.1)0.0015 \times 20/0.8 - 0.05 - 0.1 = 0.82$$

Por tanto,

$$E = E_T/R = 607/0.82 = 740 \text{ W} \cdot \text{h}$$

5. Capacidad utilizable de la batería  $C_u = EN = 740 \times 20 = 14\,800 \text{ W} \cdot \text{h}$

Si deseamos expresarla en  $\text{A} \cdot \text{h}$ ,

$$C_u = 14\,800/12 = 1233 \text{ A} \cdot \text{h}$$

6. Capacidad nominal  $C = C_u/P_d = 1233/0.8 = 1541 \text{ A} \cdot \text{h}$

Podemos montar una batería de acumuladores con un total de 1500 o 1600  $\text{A} \cdot \text{h}$  de capacidad.

7. Como el equipo repetidor suele estar situado en lugares alejados e núcleos urbano, tomaremos el valor dado por la tabla 2 de 2.1.4 y lo multiplicamos por 1.05, obteniendo un valor de H corregido (por limpieza del aire) igual a  $6.5 \times 1.05 = 6.8 \text{ MJ}$ .

8. La latitud de Jaen es de unos  $38^\circ$ , luego la inclinación idónea, tratándose de una instalación de servicio anual, será iguala  $38^\circ + 15 = 53^\circ$  Con este valor buscamos en la tabla

6 de 2.1.4, leyendo un valor para el coeficiente de corrección por inclinación de 1.48. Recordemos que siempre nos estamos refiriendo al mes más desfavorable, es decir, diciembre. Luego:

$$H.S.P. = 0.2778 \text{ kWh} = 0.2778 \times 1.48 \times 6.8 = 2.8$$

9. Los paneles no son bifaciales, por tanto no se efectúa corrección alguna por este motivo.

10. Puesto que existe regulador:

$$E_p = E/0.9 = 740/0.9 = 822 \text{ W.13}$$

11. La potencia nominal P de los paneles es de 20 W. Vamos a suponer que ésta es la potencia neta que suministran a la tensión de carga de la batería (y no la potencia máxima teórica) por lo que la fórmula a emplear será:

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{E_p}{P (H.S.P.)} \quad (\text{no se utiliza el factor } 0.9)$$

Sustituyendo:

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{822}{20 \times 2.8} = 14.7$$

### 3.4.5 CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

#### **Reguladores**

Para instalaciones fotovoltaicas de baja potencia y que no sufran grandes cambios de temperatura ambiente, los reguladores tipo shunt suelen ser los más empleados, debido a su bajo costo.

Para sistemas de mayor potencia y situados en lugares en los que se puedan producir grandes variaciones de temperatura, los reguladores deberán tener un sensor de temperatura que corrija la tensión. En este caso, deberá tenerse en cuenta que la tensión máxima de carga de la batería deberá estar por encima de la tensión de gasificación, para que se logre una mayor carga y se disminuya la estratificación del electrolito. La tensión de reconexión se deberá elegir entre 2 V y 2.1 V por elemento, de forma que el celé de conexión no tabletee excesivamente pero tampoco permita que la batería sufra ciclos profundos al abastecer al consumo. ya que disminuiría su vida de funcionamiento.

En general, la elección del sistema de regulación para una instalación fotovoltaica debe asegurar que el dispositivo seleccionado cubra como mínimo las siguientes funciones:

— Protección de la batería contra sobrecarga.



- Protección de la batería contra descargas excesivas mediante desconexión automática de la carga.
- Reconexión automática o manual.
- Sistema de alarma por baja carga de batería.
- Desconectado manual de alarma, que se conecte automáticamente al subir de nuevo la carga de la batería por encima de un valor prefijado.

Además sería recomendable que llevase incorporado:

- Contador de amperios-hora producidos por el campo de paneles.
- Contador de amperios-hora consumidos por la carga.

Es muy conveniente que el regulador esté tarado de tal forma que produzca la desconexión automática de la carga cuando la tensión en los bornes de la batería sea la correspondiente al 70 % de la profundidad máxima de descarga admisible y el aviso al 50 %. Además se debe cuidar que la tensión de rearme (o reconexión) sea superior a la tensión nominal de la batería.

El dimensionado del sistema de regulación se debe realizar con un factor de seguridad tal que entre la potencia máxima producida por el campo de paneles y la potencia máxima del regulador haya un 10% como mínimo.

En general se debe procurar que el número de reguladores sea el mínimo posible. y si fuera necesario más de uno, el número de éstos se obtendrá mediante la expresión:

$$N_T = N_{pp} i_p / i_T \quad [15]$$

Siendo:

$N_T$ : Número de reguladores.

$N_{pp}$ : Número de paneles en paralelo.

$i_p$ : Intensidad pico del panel seleccionado.

$i_T$ : Intensidad máxima que es capaz de disipar el regulador.

Si el valor de  $N$ , no es un número entero, el número de reguladores será igual al número entero inmediato superior.

### ***2.1.5 Dimensionado del convertidor***

Las características de funcionamiento que definen un convertidor de CC-CA son:

- Tensión nominal de entrada.
- Potencia nominal.
- Tensión de operación.
- Tensión nominal de salida.
- Eficiencia.

La tensión de entrada en un convertidor situado en una instalación fotovoltaica no va a ser siempre constante, por lo cual el aparato seleccionado debe ser capaz de transformar distintas tensiones continuas dentro de un rango de operación del orden de un 15%. El valor

nominal es un valor de referencia dentro del intervalo de actuación, que sirve para identificar el tipo de convertidor.

En cualquier instalación el convertidor puede tener que actuar por encima de su potencia nominal durante un cierto intervalo de tiempo, como por ejemplo en la puesta en marcha de un motor con lo cual estará sometido a una sobrecarga. Esta sobrecarga deberá poder ser como minuto del orden de 160 % de la potencia nominal durante un minuto del orden de un 140% durante tres minutos y del orden de un 120 % durante diez minutos.

La variación de la tensión de salida no deberá ser superior a un 5% de la tensión nominal de salida para convertidores de onda senoidal y un 10% para convertidores de onda cuadrada. La frecuencia normal de actuación para la conexión a los aparatos del mercado nacional es de 60 Hz con una precisión de un 2 %.

Todos los convertidores presentan un tanto por ciento de su potencia correspondiente a frecuencias diferentes de la nominal, es decir de los 60 Hz. Este parámetro se denomina distorsión de armónicos y podemos aceptar un valor alrededor del 5% en todo el rango de potencias de salida para factores de potencia comprendidos entre 0.8 y 0.9 para convertidores de onda senoidal y de un 33% para convertidores de onda cuadrada.

La eficiencia del convertidor, definida como la relación entre la potencia que esta entrega a la utilización y la potencia que el convertidor extrae de los paneles o del sistema acumulación, en función de la carga, tendrá como mínimo los valores representados en la tabla 5, para factores de potencia comprendidos entre 0.8 y 0.9.

Tabla 5. Eficiencia mínima exigible a un convertidor, en función del valor porcentual de la potencia de consumo.

CARGA EN % DE POTENCIA NOMINAL	EFICIENCIA
10	60
20	70
30	75
40	80
>40	85

La potencia de entrada del convertidor se calculará mediante la expresión:

$$P_c = \text{Potencia dc salida} / \text{Eficiencia} \quad [16]$$

El convertidor seleccionado deberá incorporar un autornatismo de desconexión por falta de carga y estará protegido contra:

- a) Cortocircuitos.
- b) Sobrecarga.
- c) Inversión de polaridad en alimentación.

La resistencia al cortocircuito del convertidor será tal que se garantice su desconexión automática y la sobrecarga admisible del convertidor asegurará el buen funcionamiento de la instalación.

La gama de convertidores que existe actualmente en el mercado es muy amplia, tanto en onda cuadrada como en onda senoidal, y la decisión de utilizar uno u otro, se deberá tomar teniendo en cuenta que el convertidor seleccionado sea compatible en cuanto a potencia nominal forma de onda y factor de distorsión, con los equipos a los que vaya a conectarse.

### **2.1.6 Sección del conductor**

Respecto al tableado de la instalación, es muy importante minimizar todo lo posible la longitud del cable a utilizar, procurando para ello que las distancias entre los paneles, el regulador la batería y el inversor sean lo menores posible.

La sección de los cables se debe elegir de forma que las máximas caídas de tensión en ellos comparadas con la tensión a la que estén trabajando estén por debajo de los siguientes límites:

Tramo Campo de paneles-Acumulador	1%
Tramo Acumulador-Convertidor	1%
Tramo Línea principal-Iluminación	3%
Tramo Línea principal-Equipos (Bombas. Electrodomésticos, etc.)	5%

Para calcular la relación entre la sección del conductor y su longitud nos servimos de las expresiones combinándolas:

$$V_{AB} = pl/S \quad [16]$$

Despejando S:

$$S = p l i / V_{AB} \quad [17]$$

La anterior fórmula permite hallar la sección S en función de las restantes magnitudes:

p = Resistividad del material conductor

l= Distancia entre los puntos A y B.

i= Intensidad de la corriente.

$V_{AB}$  = Diferencia o caída de potencial entre los puntos A y B.

$V_{AB}$  no se suele medir directamente (ya que habría que aplicar los terminales de un voltímetro en dos puntos del conductor generalmente demasiado alejados entre sí), sino

comparando las lecturas  $V_{AA'}$  y  $V_{BB'}$  del voltímetro entre los dos conductores (el de entrada y el de salida).

Como normalmente el mismo cable engloba al conductor de ida y al de vuelta, el camino que debe recorrer la corriente es en realidad el doble de  $l$ , por lo que la caída de potencial es  $V_{AB}$  en el conductor de ida y  $V_{A'B'}$  en el conductor de vuelta (Fig. 1). Al ser iguales ambos conductores, la caída de tensiones que provoquen, debido a su resistencia, han de ser también iguales en valor absoluto.

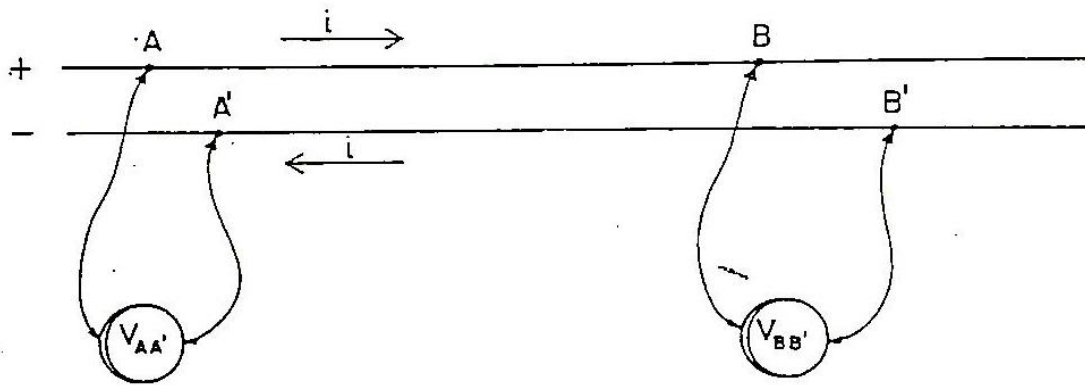


Figura 1. Con voltímetro se obtiene una medida  $V_{AA}$  y  $V_{bb}$  de los voltajes en dos lugares diferentes del circuito.

Como según el convenio establecido, se supone que la corriente eléctrica va desde puntos de mayor potencial a los de menor potencial, los potenciales de los cuatro puntos señalados en la figura se cumplirán con la relación:

$$V_A > V_B > V_{B'} > V_{A'} \quad [18]$$

Y por tanto,  $V_{AB}$ . (Esto es  $V_A - V_B$ ) será igual pero de signo contrario a  $V_{A'B'}$  (esto es  $V_{A'} - V_{B'}$ )

$$V_{AB} = V_{A'B'} - V_A - V_B = - (V_{A'} - V_{B'}) - V_A - V_B = - V_{A'} + V_{B'} - V_A + V_{A'} = V_{B'} - V_B - 2(V_A - V_B) \quad [19]$$

Sumando  $V_A - V_B$  a ambos miembros de la ecuación anterior,

$$\begin{aligned} V_A + V_{A'} - V_A - V_B &= V_B + V_{B'} + V_A - V_B - 2V_A - 2V_B = V_A - V_{A'} + \\ V_{B'} - V_B - 2(V_A - V_B) &= (V_A - V_{A'}) - (V_B - V_{B'}) - 2V_{AB} = V_{AA'} - V_{BB'} \end{aligned} \quad [20]$$

Llamando  $\Delta V$  a  $V_{AA'} - V_{BB'}$  es decir, a la diferencia de las lecturas del voltímetro aplicándolo en  $AA'$  y  $BB'$ , se tiene:

$$\Delta V = V_{AB} - V_{AB} = \Delta V / 2 \quad [21]$$

Y sustituyendo y  $V_{AB}$  por  $\Delta V / 2$  ,

$$S = pli / \Delta V / 2 = 2pli / \Delta V \quad [22]$$

Expresión que nos permite calcular S en función de la diferencia de lectura del voltímetro, esto es, de la caída o pérdida de tensión entre dos posiciones del circuito. Para el caso de conductores de cobre, p vale  $1.78 \times 10^{-8}$  (SI) por lo que, sustituyendo dicho valor en  $S = pli / \Delta V / 2 = 2pli / \Delta V$

$$S = 2 \times 1.78 \times 10^{-8} li / \Delta V = 3.56 \times 10^{-8} li / \Delta V \quad [24]$$

Si se desea que la sección S quede expresada en mm<sup>2</sup>, como es costumbre, habrá que multiplicar por 10<sup>6</sup> (mm<sup>2</sup> que hay en 1 m<sup>2</sup>).

$$S(mm^2) = 3.6 \times 10^{-2} li / \Delta V = 0,036 li / \Delta V \quad [25]$$

TABLA 6. INTENSIDAD MAXIMA ADMISIBLE, EN AMPERIOS, PARA CABLES BIPOLARES CON CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS CON GOMA O PVC.

Sección Nominal (mm <sup>2</sup> )	Intensidad (A)	Sección Nominal (mm <sup>2</sup> )	Intensidad (A)
0.75	8	10	44
1	10.5	16	59
1.5	13	25	78
2.5	18	35	97
4	25	50	115
6	32	70	140

### 3. METODOLOGÍA

#### FUNDAMENTOS TEORICO APROPIADOS

##### 3.1 Disponibilidad de radiación solar en el lugar del proyecto.

Para el diseño y construcción de cualquier sistema de aprovechamiento de la energía solar, es necesario conocer las características físicas de la propagación de la energía solar y su distribución espacio – temporal sobre la zona de estudio. Se establece también las coordenadas del lugar de ejecución del proyecto Coordenadas de Bogotá: 4°36'34" N, 74°04'54" O

### 3.2 Medidas directas

Cada país realiza medidas rutinarias de la forma como esta llega a la tierra, en estaciones meteorológicas que conforman las redes de estaciones de cada país y las componentes de medida son:

**Radiación solar directa.** Radiación solar que se recibe del ángulo sólido del disco solar sobre una superficie normal al rayo solar por unidad de área y tiempo ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

**Radiación Solar Difusa.** Radiación solar procedente de toda la bóveda celeste. Está originada por la dispersión de la radiación en la atmósfera.

**Radiación Solar Global.** Suma de la radiación solar directa, difusa y reflejada

**Radiación solar reflejada.** Fracción de la radiación solar (directa y difusa) que es reflejada por la superficie terrestre.

#### 3.2.1 Instrumentos de medida

Los instrumentos para medir radiación solar se denominan “Radiómetros” y de acuerdo a la componente de medida se clasifican en:

Pirheliómetro para medir la componente directa.

Piranómetro para medir las componentes global, difusa y reflejada.

Radiación Directa, es la que llega desde el sol, sin que sufra algún desvío en su camino.

Radiación Difusa, es la que sufre cambios en su dirección, principalmente debido a la reflexión y difusión de la atmósfera.

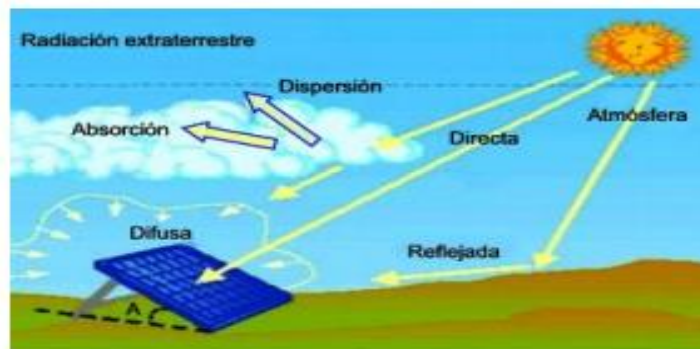


Figura 2. Ilustra emisión de rayos de sol que inciden en panel.

### 3.3 Medidas Indirectas de radiación solar.

En localidades donde no se mida directamente la radiación solar global, es posible obtenerla a partir de los valores de horas de brillo solar, mediante un modelo de regresión lineal simple sugerido Ångström. La ecuación lineal del modelo, se determina empíricamente en estaciones donde se mide simultáneamente radiación y brillo solar. Con

las constantes de regresión encontradas en el modelo, se calcula la radiación solar global para sitios donde no se mide radiación con los instrumentos adecuados, pero se disponga de valores de brillo solar en promedios diarios mensuales, con la siguiente ecuación sugerida por Ångström.

$$RG = RT(a + b n/N) \quad [26]$$

Dónde: RG: Es la radiación solar global que se calcula para el sitio del trabajo, donde no hay datos medidos de radiación, pero si de brillo solar.

RT: Es la radiación solar global en el límite superior de la atmósfera, vertical al sitio donde se va a calcular la Radiación y se puede obtener por la siguiente ecuación:

$$RT = (24/n)Isc E0 \cos \theta [\sin Ws - (n/180)Ws \cos Ws] \quad [27]$$

Dónde: E0 es el factor de excentricidad del giro de la tierra. Su valor se encuentra en tablas astronómicas

Isc es la constante solar 1367 W/ m<sup>2</sup>

n, de la ecuación, es el número de horas de brillo solar medido en el sitio de aplicación del proyecto, donde se va a calcular la radiación solar global y N es la duración astronómica del día para el sitio de medida, se obtiene la siguiente ecuación:

$$N = 2/15 (\cos^{-1}(-\tan \delta * \tan \phi)) \quad [28]$$

Donde:  $\delta$  es la declinación del sol del día juliano del año.

$\Phi$  = Latitud del sitio de trabajo

La constante 2/15 para pasar el valor del ángulo a horas del día.

a y b : son las constantes del modelo de regresión lineal.

### **3.3 Diseño del Acumulador Del Sistema Fotovoltaico.**

El objetivo fundamental no es solo que el sistema funcione bien, sino que tenga una larga vida útil. Los elementos constituyentes de la instalación deben guardar entre si la proporción justa y equilibrada. De nada servirá sobredimensionar el campo de paneles con el propósito de producir más energía si las baterías tengan escasa capacidad para almacenarla pues se perdería la mayoría de ella. Un regulador de menor amperaje que el indicado o un simple conductor de sección insuficiente puede ser causa de avería y paralización de la instalación, por lo que cada componente de la misma debe ser cuidadosamente calculado y elegido por el proyectista entre la gama del catálogo comercial.<sup>2</sup>

Los usuarios de la instalación deben ser consistentes desde el primer momento de lo importante que es respetar los valores del consumo previsto. Un medidor de A.h es un

---

<sup>2</sup> ABELLA, 2010

instrumento útil para controlar el consumo de una instalación y verificar si está dentro de los límites de lo tolerable de acuerdo a las condiciones del diseño.

Para realizar el cálculo de la capacidad y determinación del acumulador, lo primero que se ha de determinar, como paso previo al cálculo del acumulador de una instalación, es el número máximo de  $N$  días de autonomía previstos para la misma. Dicho número debe ser asignado por el proyectista de acuerdo con las características climatológicas de la zona, el servicio que la instalación preste y las circunstancias particulares de cada usuario.

Una vez fijado el número de días  $N$  de autonomía máxima y supuesto también conocida la energía total teórica  $E_t$  requerida en un periodo de 24 horas. Se procederá a hallar la energía real necesaria  $E$  que es proveniente de los paneles y la profundidad de descarga máxima admisible  $p_d$ .

La energía  $E$  equivaldrá exactamente a la energía que se necesite diariamente, teniendo en cuenta las diferentes pérdidas que existen y, puede demostrarse una expresión razonable precisa de su valor es:

Para diseño de acumuladores y paneles solares CENSOLAR(2) sugiere el siguiente procedimiento: 1 Determinar el consumo efectivo diario en Wh.

$$E = E_T / R \quad [29]$$

$E$ , es la energía necesaria por día,  $E_T$  energía total teórica requerida en un periodo de 24 horas,  $R$  es un factor global de rendimiento de la instalación, que se determina así:

$$R = 1 - [(1 - K_b - K_C - K_V)K_a N/P_d] - K_b - K_C - K_V \quad [30]$$

Donde:

$K_b$ : Coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador, es un dato del fabricante.

$K_C$ : coeficiente en el convertidor si se usa un convertidor de D.C a A.C.

$K_V$ : Coeficiente que agrupa otras pérdidas por la red de consumo (Efecto Joule).

$K_a$ : Coeficiente por auto descarga del acumulador.

Calculados  $R$  y  $E$  se halla el valor de la Capacidad Útil ( $C_u$ ) que debe tener el acumulador (batería), que será igual a la energía total  $E$  que es necesario producir diariamente, así:

$$(C_u) = EN \quad [31]$$

$N$ , es la autonomía solar para la zona del proyecto y corresponde al número consecutivo de días que permanece nublado y no sale el sol.

Determinada la capacidad útil ( $C_u$ ), se determina la capacidad nominal ( $C$ ), que es asignada por el fabricante y es igual a:

$$C = C_u / P_d \quad [32]$$



Estas capacidades de los acumuladores están referidas a unas condiciones estándares, midiéndose normalmente a una temperatura de 20 a 25°C. y la capacidad se expresa en Amperios – hora ( A-h) para determinar el tamaño del acumulador de acuerdo al consumo.

### **3.4 Dimensionamiento de Módulos Solares Fotovoltaicos**

En las épocas del año más favorables las baterías se encuentran en estado de carga máxima durante buena parte del día, por lo tanto la energía sobrante que podrían teóricamente producir los paneles sería disipada en el regulador, elevando a bastante más del 10% el valor del factor de pérdidas que hemos considerado, sin embargo como el periodo que no interesa a efectos de dimensionamiento es el más desfavorable (invierno), en el que el estado de la carga máxima se alcanzara pocas veces, el regulador no desaprovechara mucha energía y puede ser aceptable tomar un rendimiento del 90%

$$E_p = E/0.9 \quad [33]$$

Con el fin de evaluar la energía que un panel puede producir diariamente en una determinada localidad resulta útil el concepto del número de horas de sol pico (HSP) del lugar en cuestión y que no es otra cosa que el valor de la energía  $H$  total incidente sobre una superficie horizontal de 1 m<sup>2</sup>, es decir expresado en Kw.h en vez de MJ como 1 kw.h=3.6 MJ resulta claro que:

$$HSP = 0.2778 H \quad [34]$$

El número de paneles a instalar estará dado por el cociente entre  $E_p$  y la energía que realmente es capaz de producir cada panel a lo largo del día como:

$$Numero \ de \ paneles = \frac{E_p}{0.9 P(HSP)} \quad [35]$$

En el factor corrector 0.9 incluimos también las pequeñas perdidas adicionales debidas por ejemplo a la posible suciedad de los paneles, perdidas por reflexión en los momentos de incidencia muy oblicua, etc. (ABELLA, 2010)(Bogotá, 2014) (GALLO, 2009)<sup>3</sup>

### **3.5 POTENCIA Y ENERGIA**

La potencia, es la cantidad de energía consumida o entregada por una unidad de tiempo. Es importante recordar que los equipos han sido diseñados y dimensionados requiriendo una determinada potencia para su funcionamiento. Esta potencia eléctrica en casi todos los equipos viene expresada en watts (W). Para medir la potencia se relaciona el voltaje y el amperaje.

$$W = V * A \text{ potencia} = \text{Voltios} * \text{Amperios} \quad [36]$$

---

<sup>3</sup> (ABELLA, 2010)(Bogotá, 2014) (GALLO, 2009)

La energía, es la cantidad de potencia de los equipos multiplicado por las horas que están encendidos. Su unidad de medida es Watt-Hora (Wh). Para calcular los (Wh) la formula sería:

$$Wh = W * h \text{ Energia} = \text{Potencia} * \# \text{ horas conectado} \quad [37]$$

Los WH/día se calculan multiplicando la potencia de cada aparato por las horas al día que es utilizado. Para hacer el cálculo de Wh/mes se toma ese dato diario y se multiplica por 30

$$(Wh=W \times \text{horas diarias} \times 30). \quad [38]$$

Hay dos tipos de circuitos eléctricos básicos, los circuitos en serie y los circuitos en paralelo. Estos se caracterizan por:

#### Circuito en Serie

En un circuito en serie el polo positivo de un panel está conectado al polo negativo del otro panel. El voltaje total es la suma de todas las fuentes de voltaje, y la intensidad de corriente permanece constante.<sup>4</sup>

(Proyecto EnDev/GIZ, 2013)

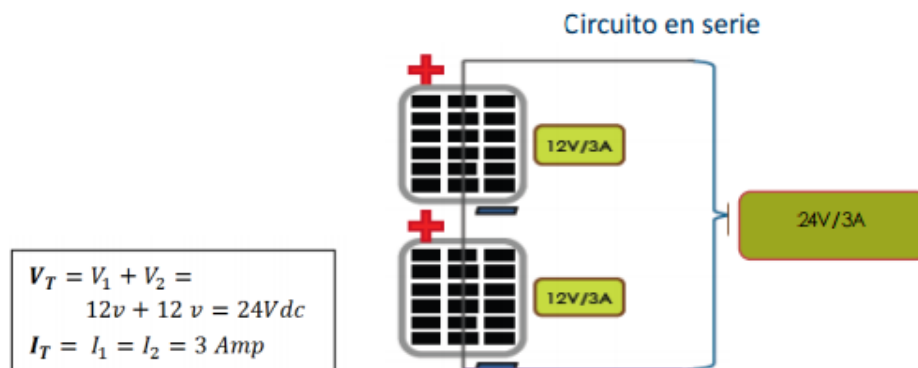


Figura 3. Ilustración de conexión de paneles en serie.

#### Circuito en Paralelo

En un circuito paralelo, los polos positivos están conectados con los positivos, y los polos negativos están conectados con los negativos. Además, la tensión es constante y las intensidades de corriente se suman.

<sup>4</sup> (Proyecto EnDev/GIZ, 2013)

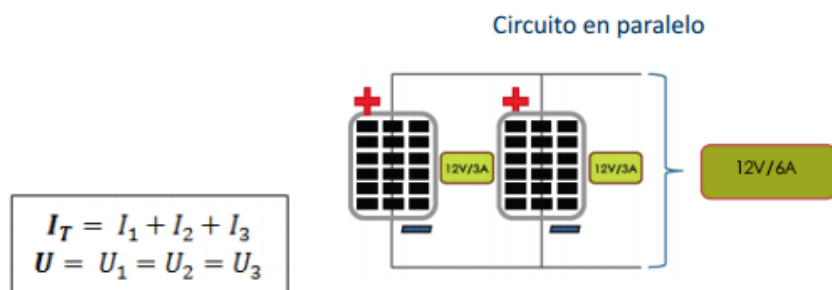


Figura 4. lustracion de conexión de paneles en paralelo.

#### 4. PROCEDIMIENTO

Para el desarrollo del objetivo de suministrar energía eléctrica por medio de energía fotovoltaica, a los equipos de consumo eléctrico que en este caso son dos paneles LED de 40W y así determinar la cantidad de tiempo que van a estar encendidos consumiendo energía.

Tabla 7. Datos de Atlas de Radiación Solar

PROMEDIO MULTIANUAL CIUDAD DE BOGOTA	RADIACION SOLAR			BRILLO SOLAR		
	KWh/m2 min	KWh/m2 Max	PROMEDIO	HORAS DE SOL DIA min	HORAS DE SOL DIA Max	PROMEDIO
ENERO	4	4,5	4,25	4	5	4,5
FEBRERO	4	4,5	4,25	4	6	5
MARZO	4	4,5	4,25	4	5	4,5
ABRIL	3,5	4	3,75	2	4	3
MAYO	3,5	4	3,75	2	4	3
JUNIO	3,5	4	3,75	2	4	3
JULIO	4	4,5	4,25	2	4	3
AGOSTO	4	4,5	4,25	2	5	3,5
SEPTIEMBRE	3,5	4	3,75	2	5	3,5
OCTUBRE	3,5	4	3,75	2	5	3,5
NOVIEMBRE	3,5	4	3,75	2	5	3,5
DICIEMBRE	3,5	4	3,75	4	5	4,5

(IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2014)

<sup>5</sup>

<sup>5</sup> (IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2014)

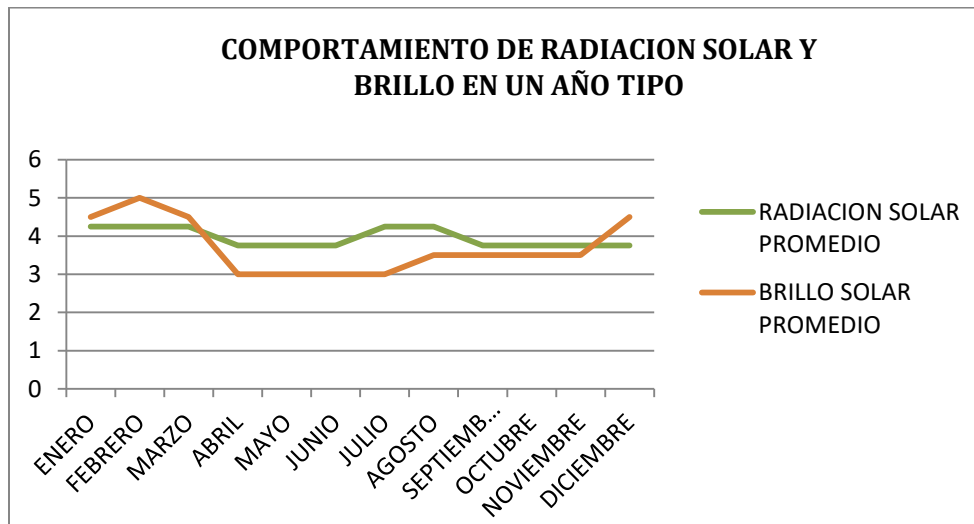


Figura 5. Ilustración de comportamiento de brillo solar y radiación durante el año.

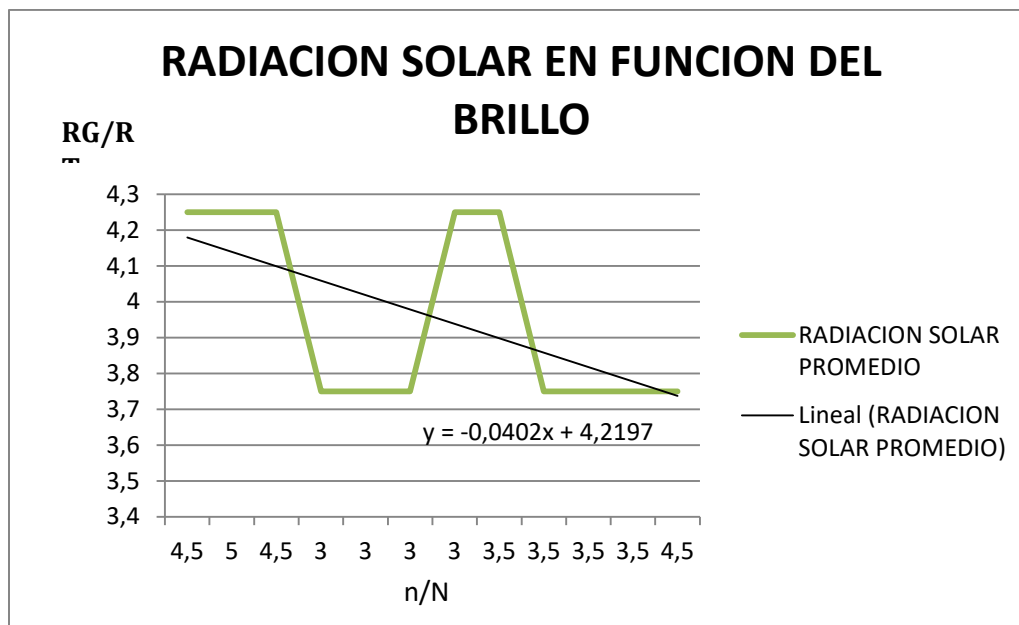


Figura 6. Correlación entre datos de radiación solar global y brillo solar.

Teniendo en cuenta lo anterior se realiza la medición de la potencia que consumen los equipos por el transcurso de 16 horas, ya que este es el tiempo en que deben estar en funcionamiento de este modo se puede observar la siguiente tabla donde se encuentran las descripciones y características básicas del consumo de los equipos.

Tabla 8. Valores de consumo en Wh de los equipos que se van a regular y a sustentar con energía solar fotovoltaica.

EQUIPOS	POTENCIA DE CONSUMO		W
2 PANEL LED	110 VAC	0,36A	40W
TOTAL			80W
TOTAL POR 16 HORAS DE CONSUMO			1280WH

Dado que el consumo es alto y como estos equipos requieren estar en línea las 16 horas del día ya que la institución presta servicios desde las 6:00 horas del día hasta las 22:00 horas hemos escogido paneles de 190 W- 24 voltios en DC nominales de este modo vamos a calcular que cantidad de paneles se necesitan con respecto al mes menos favorable en cuanto a radiación solar.

El mes o los meses menos favorables tienen una intensidad de radiación de 3,5 KWh/m<sup>2</sup> como mínimo, ya que el consumo de los equipos lo valoramos a diario dado que en el día se deben cargar las baterías para suministrar el consumo de noche y es un ciclo diario valga la redundancia, donde la  $E_T$  sería así

$$E_T = 1280 \text{ Wh}$$

Como el sistema va a cargar las baterías de manera diaria se va a tomar como el número de días de autonomía como  $N=6$  días inicialmente, la profundidad de descarga máxima admisible de las baterías de 80% (0,8), y como la auto descarga mensual vale 4,5% su valor diario dado por  $k_a$  será:

$$R = 1 - [(1 - k_b - k_c - k_v)k_a^N / P_d] - k_b - k_c - k_v$$

Se toma  $k_b=0,05$ ;  $k_a=0,005$ ;  $k_c=0,1$ ;  $k_v=0,15$ ;  $N=6$ ;  $P_d=0,75$

$$R = 1 - [(1 - 0,05 - 0,005 - 0,15)0,005 \times 6 / 0,75] - 0,05 - 0,1 - 0,15 = 0,83$$

$$E = \frac{E_T}{R} = \frac{1280}{0,83} = 1542,2W$$

La capacidad utilizable de la batería  $C_u = EN = 1539,72W \times 6 = 9253,0Wh$

$$C = C_u / P_d$$

$$C = 9238 \text{ Wh}/0,75 = 12337,3 \text{ A.h}$$

Luego de tener estos datos validamos la cantidad de paneles a necesitar a través de

$$HSP = 0,2778 \text{ H} = 0,2778 \times 3,5h = 0,97h$$

El regulador

$$E_p = \frac{E}{0,9} = \frac{1280 \text{ Wh}}{0,9} = 1713,5 \text{ Wh}$$

$$\text{No de Paneles} = E_p / P(HSP)$$

$$\text{No de Paneles} = \frac{1713,5 \text{ Wh}}{190 \text{ W} \times 0,97h} = 9,3 \cong 10$$

Para el cálculo de 554 W se tienen en cuenta los equipos de la tabla 9.

*Tabla 9. Valores de consumo en Wh de los equipos que se van a regular y a sustentar con energía solar fotovoltaica.*

EQUIPOS	POTENCIA DE CONSUMO		W
MODULO DE CONTROL BIOSPHERICAL INSTRUMENTS INC GUV-2511	110 VAC	2A	220
UV-BIOMETER SOLAR LIGHT CO	110 VAC	0,6 A	66
MONITOR LCD ACER	120V AC	1,5 A	180
PC ECOTECH	120V AC	0,8 A	88
TOTAL			554
TOTAL POR 12 HORAS DE CONSUMO			6648

(Biospherical, Instruments Inc, 2005)

(SOLAR LIGHT, 2010)<sup>6</sup>

Dado que el consumo es alto y como estos equipos requieren estar en línea las 22 horas del día hemos escogido paneles de 190 W- 12 voltios en DC nominales de este modo vamos a calcular que cantidad de paneles se necesitan con respecto al mes menos favorable en cuanto radiación solar.

---

<sup>6</sup> (Biospherical, Instruments Inc, 2005)(SOLAR LIGHT, 2010)

El mes o los meses menos favorables tienen una intensidad de radiación de 3,5 KWh/m<sup>2</sup> como mínimo, ya que el consumo de los equipos lo valoramos a diario dado que en el día se deben cargar las baterías para suministrar el consumo de noche y es un ciclo diario valga la redundancia, donde la E<sub>T</sub> sería así

$$E_T = 6648 \text{ Wh}$$

Como el sistema va a cargar las baterías de manera diaria se va a tomar como el número de días de autonomía como N=6 días inicialmente, la profundidad de descarga máxima admisible de las baterías de 80% (0,8), y como la auto descarga mensual vale 4,5% su valor diario dado por k<sub>a</sub> será:

$$R = 1 - [(1 - k_b - k_c - k_v)k_a^N / P_d] - k_b - k_c - k_v$$

Se toma k<sub>b</sub>=0,05; k<sub>a</sub>=0,005; k<sub>c</sub>=0,1; k<sub>v</sub>=0,15; N=6; P<sub>d</sub>=0,75

$$R = 1 - [(1 - 0,05 - 0,005 - 0,15)0,005 \times 6 / 0,75] - 0,05 - 0,1 - 0,15 = 0,83$$

$$E = \frac{E_T}{R} = \frac{6648}{0,83} = 8009,63 \text{ W}$$

La capacidad utilizable de la batería C<sub>u</sub>=EN= 8009,63W X 6=48057 Wh

$$C = C_u / P_d$$

$$C = 48057 \text{ Wh} / 0,75 = 64077,1 \text{ A.h}$$

Luego de tener estos datos validamos la cantidad de paneles a necesitar a través de

$$HSP = 0,2778 \text{ H} = 0,2778 \times 3,5h = 0,97h$$

El regulador

$$E_p = \frac{E}{0,9} = \frac{8009,63 \text{ Wh}}{0,9} = 8899,59 \text{ Wh}$$

$$\text{No de Paneles} = E_p / P(HSP)$$

$$\text{No de Paneles} = \frac{8899,59 \text{ Wh}}{190 \text{ W} \times 0,97h} = 48,17 \cong 49$$

Dado que no solo se tiene en cuenta las horas de brillo solar sino también las horas de luz que hay en el día ya que aun si esta nublado existe radiación solar se tienen en cuenta los datos de los últimos 3 años caracterizando las horas de luz solar en Bogotá es decir desde el amanecer y el anochecer. Éstos datos se tomaron del sitio web <http://dateandtime.info/es/citysunrisesunset.php?id=3688689&month=12&year=2016>

<sup>7</sup>la cual es un sitio donde se puede observar los datos de hora mundial según la localización salida y puesta de sol según cada ciudad del mundo los cuales aparecen en la siguiente tabla de datos

---

<sup>7</sup> <http://dateandtime.info/es/citysunrisesunset.php?id=3688689&month=12&year=2016>



*Tabla 10. Datos de salida y puesta de sol de los años 2014, 2015 y 2016 estableciendo el promedio de luz solar en el día como año tipo para el diseño del sistema.*

FECHA	Sol 2014			FECHA	Sol 2015			FECHA	Sol 2016			PROMEDIO HORAS DE SOL EN EL DIA	DIA JULIANO
	Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		
01/01/2014	06:04	17:56	11,87	01/01/2015	06:04	17:56	11,87	01/01/2016	06:04	17:55	11,85	11,86	1
02/01/2014	06:04	17:56	11,87	02/01/2015	06:04	17:56	11,87	02/01/2016	06:04	17:56	11,87	11,87	2
03/01/2014	06:05	17:57	11,87	03/01/2015	06:05	17:57	11,87	03/01/2016	06:05	17:56	11,85	11,86	3
04/01/2014	06:05	17:57	11,87	04/01/2015	06:05	17:57	11,87	04/01/2016	06:05	17:57	11,87	11,87	4
05/01/2014	06:06	17:58	11,87	05/01/2015	06:05	17:58	11,88	05/01/2016	06:05	17:57	11,87	11,87	5
06/01/2014	06:06	17:58	11,87	06/01/2015	06:06	17:58	11,87	06/01/2016	06:06	17:58	11,87	11,87	6
07/01/2014	06:06	17:59	11,88	07/01/2015	06:06	17:59	11,88	07/01/2016	06:06	17:58	11,87	11,88	7
08/01/2014	06:07	17:59	11,87	08/01/2015	06:07	17:59	11,87	08/01/2016	06:07	17:59	11,87	11,87	8
09/01/2014	06:07	18:00	11,88	09/01/2015	06:07	17:59	11,87	09/01/2016	06:07	17:59	11,87	11,87	9
10/01/2014	06:07	18:00	11,88	10/01/2015	06:07	18:00	11,88	10/01/2016	06:07	18:00	11,88	11,88	10
11/01/2014	06:08	18:00	11,87	11/01/2015	06:08	18:00	11,87	11/01/2016	06:08	18:00	11,87	11,87	11
12/01/2014	06:08	18:01	11,88	12/01/2015	06:08	18:01	11,88	12/01/2016	06:08	18:01	11,88	11,88	12
13/01/2014	06:08	18:01	11,88	13/01/2015	06:08	18:01	11,88	13/01/2016	06:08	18:01	11,88	11,88	13
14/01/2014	06:09	18:02	11,88	14/01/2015	06:09	18:02	11,88	14/01/2016	06:09	18:02	11,88	11,88	14
15/01/2014	06:09	18:02	11,88	15/01/2015	06:09	18:02	11,88	15/01/2016	06:09	18:02	11,88	11,88	15
16/01/2014	06:09	18:03	11,9	16/01/2015	06:09	18:02	11,88	16/01/2016	06:09	18:02	11,88	11,89	16
17/01/2014	06:09	18:03	11,9	17/01/2015	06:09	18:03	11,9	17/01/2016	06:09	18:03	11,9	11,90	17
18/01/2014	06:10	18:03	11,88	18/01/2015	06:10	18:03	11,88	18/01/2016	06:10	18:03	11,88	11,88	18
19/01/2014	06:10	18:04	11,9	19/01/2015	06:10	18:04	11,9	19/01/2016	06:10	18:04	11,9	11,90	19
20/01/2014	06:10	18:04	11,9	20/01/2015	06:10	18:04	11,9	20/01/2016	06:10	18:04	11,9	11,90	20
21/01/2014	06:10	18:04	11,9	21/01/2015	06:10	18:04	11,9	21/01/2016	06:10	18:04	11,9	11,90	21
22/01/2014	06:11	18:05	11,9	22/01/2015	06:10	18:05	11,92	22/01/2016	06:10	18:05	11,92	11,91	22
23/01/2014	06:11	18:05	11,9	23/01/2015	06:11	18:05	11,9	23/01/2016	06:11	18:05	11,9	11,90	23
24/01/2014	06:11	18:05	11,9	24/01/2015	06:11	18:05	11,9	24/01/2016	06:11	18:05	11,9	11,90	24

FECHA	Sol 2014			FECHA	Sol 2015			FECHA	Sol 2016			PROMEDIO HORAS DE SOL EN EL DIA	DIA JULIANO
	Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		
25/01/2014	06:11	18:06	11,92	25/01/2015	06:11	18:06	11,92	25/01/2016	06:11	18:06	11,92	11,92	25
26/01/2014	06:11	18:06	11,92	26/01/2015	06:11	18:06	11,92	26/01/2016	06:11	18:06	11,92	11,92	26
27/01/2014	06:11	18:06	11,92	27/01/2015	06:11	18:06	11,92	27/01/2016	06:11	18:06	11,92	11,92	27
28/01/2014	06:11	18:07	11,93	28/01/2015	06:11	18:06	11,92	28/01/2016	06:11	18:06	11,92	11,92	28
29/01/2014	06:11	18:07	11,93	29/01/2015	06:11	18:07	11,93	29/01/2016	06:11	18:07	11,93	11,93	29
30/01/2014	06:11	18:07	11,93	30/01/2015	06:11	18:07	11,93	30/01/2016	06:11	18:07	11,93	11,93	30
31/01/2014	06:11	18:07	11,93	31/01/2015	06:11	18:07	11,93	31/01/2016	06:11	18:07	11,93	11,93	31
01/02/2014	06:12	18:08	11,93	01/02/2015	06:11	18:07	11,93	01/02/2016	06:11	18:07	11,93	11,93	32
02/02/2014	06:12	18:08	11,93	02/02/2015	06:12	18:08	11,93	02/02/2016	06:12	18:08	11,93	11,93	33
03/02/2014	06:12	18:08	11,93	03/02/2015	06:12	18:08	11,93	03/02/2016	06:12	18:08	11,93	11,93	34
04/02/2014	06:12	18:08	11,93	04/02/2015	06:12	18:08	11,93	04/02/2016	06:12	18:08	11,93	11,93	35
05/02/2014	06:11	18:08	11,95	05/02/2015	06:11	18:08	11,95	05/02/2016	06:11	18:08	11,95	11,95	36
06/02/2014	06:11	18:08	11,95	06/02/2015	06:11	18:08	11,95	06/02/2016	06:11	18:08	11,95	11,95	37
07/02/2014	06:11	18:09	11,97	07/02/2015	06:11	18:09	11,97	07/02/2016	06:11	18:09	11,97	11,97	38
08/02/2014	06:11	18:09	11,97	08/02/2015	06:11	18:09	11,97	08/02/2016	06:11	18:09	11,97	11,97	39
09/02/2014	06:11	18:09	11,97	09/02/2015	06:11	18:09	11,97	09/02/2016	06:11	18:09	11,97	11,97	40
10/02/2014	06:11	18:09	11,97	10/02/2015	06:11	18:09	11,97	10/02/2016	06:11	18:09	11,97	11,97	41
11/02/2014	06:11	18:09	11,97	11/02/2015	06:11	18:09	11,97	11/02/2016	06:11	18:09	11,97	11,97	42
12/02/2014	06:11	18:09	11,97	12/02/2015	06:11	18:09	11,97	12/02/2016	06:11	18:09	11,97	11,97	43
13/02/2014	06:11	18:09	11,97	13/02/2015	06:11	18:09	11,97	13/02/2016	06:11	18:09	11,97	11,97	44
14/02/2014	06:11	18:09	11,97	14/02/2015	06:11	18:09	11,97	14/02/2016	06:11	18:09	11,97	11,97	45
15/02/2014	06:10	18:09	11,98	15/02/2015	06:10	18:09	11,98	15/02/2016	06:10	18:09	11,98	11,98	46
16/02/2014	06:10	18:09	11,98	16/02/2015	06:10	18:09	11,98	16/02/2016	06:10	18:09	11,98	11,98	47
17/02/2014	06:10	18:09	11,98	17/02/2015	06:10	18:09	11,98	17/02/2016	06:10	18:09	11,98	11,98	48
18/02/2014	06:10	18:09	11,98	18/02/2015	06:10	18:09	11,98	18/02/2016	06:10	18:09	11,98	11,98	49
19/02/2014	06:10	18:09	11,98	19/02/2015	06:10	18:09	11,98	19/02/2016	06:10	18:09	11,98	11,98	50

FECHA	Sol 2014			FECHA	Sol 2015			FECHA	Sol 2016			PROMEDIO HORAS DE SOL EN EL DIA	DIA JULIANO
	Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		
20/02/2014	06:09	18:09	12	20/02/2015	06:09	18:09	12	20/02/2016	06:10	18:09	11,98	11,99	51
21/02/2014	06:09	18:09	12	21/02/2015	06:09	18:09	12	21/02/2016	06:09	18:09	12	12,00	52
22/02/2014	06:09	18:09	12	22/02/2015	06:09	18:09	12	22/02/2016	06:09	18:09	12	12,00	53
23/02/2014	06:09	18:09	12	23/02/2015	06:09	18:09	12	23/02/2016	06:09	18:09	12	12,00	54
24/02/2014	06:08	18:09	12,02	24/02/2015	06:08	18:09	12,02	24/02/2016	06:08	18:09	12,02	12,02	55
25/02/2014	06:08	18:09	12,02	25/02/2015	06:08	18:09	12,02	25/02/2016	06:08	18:09	12,02	12,02	56
26/02/2014	06:08	18:09	12,02	26/02/2015	06:08	18:09	12,02	26/02/2016	06:08	18:09	12,02	12,02	57
27/02/2014	06:07	18:09	12,03	27/02/2015	06:08	18:09	12,02	27/02/2016	06:08	18:09	12,02	12,02	58
28/02/2014	06:07	18:09	12,03	28/02/2015	06:07	18:09	12,03	28/02/2016	06:07	18:09	12,03	12,03	59
								29/02/2016	06:07	18:09	12,03	12,03	60
01/03/2014	06:07	18:09	12,03	01/03/2015	06:07	18:09	12,03	01/03/2016	06:07	18:09	12,03	12,03	61
02/03/2014	06:07	18:09	12,03	02/03/2015	06:07	18:09	12,03	02/03/2016	06:06	18:09	12,05	12,04	62
03/03/2014	06:06	18:09	12,05	03/03/2015	06:06	18:09	12,05	03/03/2016	06:06	18:09	12,05	12,05	63
04/03/2014	06:06	18:09	12,05	04/03/2015	06:06	18:09	12,05	04/03/2016	06:06	18:09	12,05	12,05	64
05/03/2014	06:05	18:09	12,07	05/03/2015	06:06	18:09	12,05	05/03/2016	06:05	18:09	12,07	12,06	65
06/03/2014	06:05	18:09	12,07	06/03/2015	06:05	18:09	12,07	06/03/2016	06:05	18:09	12,07	12,07	66
07/03/2014	06:05	18:09	12,07	07/03/2015	06:05	18:09	12,07	07/03/2016	06:05	18:08	12,05	12,06	67
08/03/2014	06:04	18:08	12,07	08/03/2015	06:04	18:08	12,07	08/03/2016	06:04	18:08	12,07	12,07	68
09/03/2014	06:04	18:08	12,07	09/03/2015	06:04	18:08	12,07	09/03/2016	06:04	18:08	12,07	12,07	69
10/03/2014	06:04	18:08	12,07	10/03/2015	06:04	18:08	12,07	10/03/2016	06:03	18:08	12,08	12,07	70
11/03/2014	06:03	18:08	12,08	11/03/2015	06:03	18:08	12,08	11/03/2016	06:03	18:08	12,08	12,08	71
12/03/2014	06:03	18:08	12,08	12/03/2015	06:03	18:08	12,08	12/03/2016	06:03	18:08	12,08	12,08	72
13/03/2014	06:02	18:08	12,1	13/03/2015	06:03	18:08	12,08	13/03/2016	06:02	18:08	12,1	12,09	73
14/03/2014	06:02	18:08	12,1	14/03/2015	06:02	18:08	12,1	14/03/2016	06:02	18:07	12,08	12,09	74
15/03/2014	06:02	18:07	12,08	15/03/2015	06:02	18:07	12,08	15/03/2016	06:01	18:07	12,1	12,09	75
16/03/2014	06:01	18:07	12,1	16/03/2015	06:01	18:07	12,1	16/03/2016	06:01	18:07	12,1	12,10	76

FECHA	Sol 2014			FECHA	Sol 2015			FECHA	Sol 2016			PROMEDIO HORAS DE SOL EN EL DIA	DIA JULIANO
	Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		
17/03/2014	06:01	18:07	12,1	17/03/2015	06:01	18:07	12,1	17/03/2016	06:01	18:07	12,1	12,10	77
18/03/2014	06:00	18:07	12,12	18/03/2015	06:00	18:07	12,12	18/03/2016	06:00	18:07	12,12	12,12	78
19/03/2014	06:00	18:07	12,12	19/03/2015	06:00	18:07	12,12	19/03/2016	06:00	18:07	12,12	12,12	79
20/03/2014	06:00	18:07	12,12	20/03/2015	06:00	18:07	12,12	20/03/2016	05:59	18:06	12,12	12,12	80
21/03/2014	05:59	18:06	12,12	21/03/2015	05:59	18:06	12,12	21/03/2016	05:59	18:06	12,12	12,12	81
22/03/2014	05:59	18:06	12,12	22/03/2015	05:59	18:06	12,12	22/03/2016	05:58	18:06	12,13	12,12	82
23/03/2014	05:58	18:06	12,13	23/03/2015	05:58	18:06	12,13	23/03/2016	05:58	18:06	12,13	12,13	83
24/03/2014	05:58	18:06	12,13	24/03/2015	05:58	18:06	12,13	24/03/2016	05:58	18:06	12,13	12,13	84
25/03/2014	05:57	18:06	12,15	25/03/2015	05:58	18:06	12,13	25/03/2016	05:57	18:06	12,15	12,14	85
26/03/2014	05:57	18:06	12,15	26/03/2015	05:57	18:06	12,15	26/03/2016	05:57	18:05	12,13	12,14	86
27/03/2014	05:57	18:05	12,13	27/03/2015	05:57	18:05	12,13	27/03/2016	05:56	18:05	12,15	12,14	87
28/03/2014	05:56	18:05	12,15	28/03/2015	05:56	18:05	12,15	28/03/2016	05:56	18:05	12,15	12,15	88
29/03/2014	05:56	18:05	12,15	29/03/2015	05:56	18:05	12,15	29/03/2016	05:55	18:05	12,17	12,16	89
30/03/2014	05:55	18:05	12,17	30/03/2015	05:55	18:05	12,17	30/03/2016	05:55	18:05	12,17	12,17	90
31/03/2014	05:55	18:05	12,17	31/03/2015	05:55	18:05	12,17	31/03/2016	05:55	18:05	12,17	12,17	91
01/04/2014	05:54	18:04	12,17	01/04/2015	05:55	18:05	12,17	01/04/2016	05:54	18:04	12,17	12,17	92
02/04/2014	05:54	18:04	12,17	02/04/2015	05:54	18:04	12,17	02/04/2016	05:54	18:04	12,17	12,17	93
03/04/2014	05:54	18:04	12,17	03/04/2015	05:54	18:04	12,17	03/04/2016	05:53	18:04	12,18	12,17	94
04/04/2014	05:53	18:04	12,18	04/04/2015	05:53	18:04	12,18	04/04/2016	05:53	18:04	12,18	12,18	95
05/04/2014	05:53	18:04	12,18	05/04/2015	05:53	18:04	12,18	05/04/2016	05:53	18:04	12,18	12,18	96
06/04/2014	05:52	18:04	12,2	06/04/2015	05:52	18:04	12,2	06/04/2016	05:52	18:04	12,2	12,20	97
07/04/2014	05:52	18:04	12,2	07/04/2015	05:52	18:04	12,2	07/04/2016	05:52	18:03	12,18	12,19	98
08/04/2014	05:52	18:03	12,18	08/04/2015	05:52	18:03	12,18	08/04/2016	05:51	18:03	12,2	12,19	99
09/04/2014	05:51	18:03	12,2	09/04/2015	05:51	18:03	12,2	09/04/2016	05:51	18:03	12,2	12,20	100
10/04/2014	05:51	18:03	12,2	10/04/2015	05:51	18:03	12,2	10/04/2016	05:51	18:03	12,2	12,20	101
11/04/2014	05:50	18:03	12,22	11/04/2015	05:50	18:03	12,22	11/04/2016	05:50	18:03	12,22	12,22	102

FECHA	Sol 2014			FECHA	Sol 2015			FECHA	Sol 2016			PROMEDIO HORAS DE SOL EN EL DIA	DIA JULIANO
	Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		
12/04/2014	05:50	18:03	12,22	12/04/2015	05:50	18:03	12,22	12/04/2016	05:50	18:03	12,22	12,22	103
13/04/2014	05:50	18:03	12,22	13/04/2015	05:50	18:03	12,22	13/04/2016	05:49	18:03	12,23	12,22	104
14/04/2014	05:49	18:03	12,23	14/04/2015	05:49	18:03	12,23	14/04/2016	05:49	18:02	12,22	12,23	105
15/04/2014	05:49	18:02	12,22	15/04/2015	05:49	18:02	12,22	15/04/2016	05:49	18:02	12,22	12,22	106
16/04/2014	05:49	18:02	12,22	16/04/2015	05:49	18:02	12,22	16/04/2016	05:48	18:02	12,23	12,22	107
17/04/2014	05:48	18:02	12,23	17/04/2015	05:48	18:02	12,23	17/04/2016	05:48	18:02	12,23	12,23	108
18/04/2014	05:48	18:02	12,23	18/04/2015	05:48	18:02	12,23	18/04/2016	05:48	18:02	12,23	12,23	109
19/04/2014	05:48	18:02	12,23	19/04/2015	05:48	18:02	12,23	19/04/2016	05:47	18:02	12,25	12,24	110
20/04/2014	05:47	18:02	12,25	20/04/2015	05:47	18:02	12,25	20/04/2016	05:47	18:02	12,25	12,25	111
21/04/2014	05:47	18:02	12,25	21/04/2015	05:47	18:02	12,25	21/04/2016	05:47	18:02	12,25	12,25	112
22/04/2014	05:47	18:02	12,25	22/04/2015	05:47	18:02	12,25	22/04/2016	05:46	18:02	12,27	12,26	113
23/04/2014	05:46	18:02	12,27	23/04/2015	05:46	18:02	12,27	23/04/2016	05:46	18:02	12,27	12,27	114
24/04/2014	05:46	18:02	12,27	24/04/2015	05:46	18:02	12,27	24/04/2016	05:46	18:02	12,27	12,27	115
25/04/2014	05:46	18:02	12,27	25/04/2015	05:46	18:02	12,27	25/04/2016	05:46	18:02	12,27	12,27	116
26/04/2014	05:45	18:02	12,28	26/04/2015	05:45	18:02	12,28	26/04/2016	05:45	18:02	12,28	12,28	117
27/04/2014	05:45	18:02	12,28	27/04/2015	05:45	18:02	12,28	27/04/2016	05:45	18:02	12,28	12,28	118
28/04/2014	05:45	18:01	12,27	28/04/2015	05:45	18:02	12,28	28/04/2016	05:45	18:01	12,27	12,27	119
29/04/2014	05:45	18:01	12,27	29/04/2015	05:45	18:01	12,27	29/04/2016	05:45	18:01	12,27	12,27	120
30/04/2014	05:44	18:01	12,28	30/04/2015	05:44	18:01	12,28	30/04/2016	05:44	18:01	12,28	12,28	121
01/05/2014	05:44	18:01	12,28	01/05/2015	05:44	18:01	12,28	01/05/2016	05:44	18:01	12,28	12,28	122
02/05/2014	05:44	18:01	12,28	02/05/2015	05:44	18:01	12,28	02/05/2016	05:44	18:01	12,28	12,28	123
03/05/2014	05:44	18:01	12,28	03/05/2015	05:44	18:01	12,28	03/05/2016	05:44	18:01	12,28	12,28	124
04/05/2014	05:44	18:01	12,28	04/05/2015	05:44	18:01	12,28	04/05/2016	05:43	18:01	12,3	12,29	125
05/05/2014	05:43	18:02	12,32	05/05/2015	05:43	18:01	12,3	05/05/2016	05:43	18:02	12,32	12,31	126
06/05/2014	05:43	18:02	12,32	06/05/2015	05:43	18:02	12,32	06/05/2016	05:43	18:02	12,32	12,32	127
07/05/2014	05:43	18:02	12,32	07/05/2015	05:43	18:02	12,32	07/05/2016	05:43	18:02	12,32	12,32	128

FECHA	Sol 2014			FECHA	Sol 2015			FECHA	Sol 2016			PROMEDIO HORAS DE SOL EN EL DIA	DIA JULIANO
	Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		
08/05/2014	05:43	18:02	12,32	08/05/2015	05:43	18:02	12,32	08/05/2016	05:43	18:02	12,32	12,32	129
09/05/2014	05:43	18:02	12,32	09/05/2015	05:43	18:02	12,32	09/05/2016	05:43	18:02	12,32	12,32	130
10/05/2014	05:43	18:02	12,32	10/05/2015	05:43	18:02	12,32	10/05/2016	05:43	18:02	12,32	12,32	131
11/05/2014	05:43	18:02	12,32	11/05/2015	05:43	18:02	12,32	11/05/2016	05:42	18:02	12,33	12,32	132
12/05/2014	05:42	18:02	12,33	12/05/2015	05:42	18:02	12,33	12/05/2016	05:42	18:02	12,33	12,33	133
13/05/2014	05:42	18:02	12,33	13/05/2015	05:42	18:02	12,33	13/05/2016	05:42	18:02	12,33	12,33	134
14/05/2014	05:42	18:02	12,33	14/05/2015	05:42	18:02	12,33	14/05/2016	05:42	18:02	12,33	12,33	135
15/05/2014	05:42	18:02	12,33	15/05/2015	05:42	18:02	12,33	15/05/2016	05:42	18:02	12,33	12,33	136
16/05/2014	05:42	18:02	12,33	16/05/2015	05:42	18:02	12,33	16/05/2016	05:42	18:02	12,33	12,33	137
17/05/2014	05:42	18:02	12,33	17/05/2015	05:42	18:02	12,33	17/05/2016	05:42	18:03	12,35	12,34	138
18/05/2014	05:42	18:03	12,35	18/05/2015	05:42	18:03	12,35	18/05/2016	05:42	18:03	12,35	12,35	139
19/05/2014	05:42	18:03	12,35	19/05/2015	05:42	18:03	12,35	19/05/2016	05:42	18:03	12,35	12,35	140
20/05/2014	05:42	18:03	12,35	20/05/2015	05:42	18:03	12,35	20/05/2016	05:42	18:03	12,35	12,35	141
21/05/2014	05:42	18:03	12,35	21/05/2015	05:42	18:03	12,35	21/05/2016	05:42	18:03	12,35	12,35	142
22/05/2014	05:42	18:03	12,35	22/05/2015	05:42	18:03	12,35	22/05/2016	05:42	18:03	12,35	12,35	143
23/05/2014	05:42	18:03	12,35	23/05/2015	05:42	18:03	12,35	23/05/2016	05:42	18:03	12,35	12,35	144
24/05/2014	05:42	18:03	12,35	24/05/2015	05:42	18:03	12,35	24/05/2016	05:42	18:04	12,37	12,36	145
25/05/2014	05:42	18:04	12,37	25/05/2015	05:42	18:04	12,37	25/05/2016	05:42	18:04	12,37	12,37	146
26/05/2014	05:42	18:04	12,37	26/05/2015	05:42	18:04	12,37	26/05/2016	05:42	18:04	12,37	12,37	147
27/05/2014	05:42	18:04	12,37	27/05/2015	05:42	18:04	12,37	27/05/2016	05:42	18:04	12,37	12,37	148
28/05/2014	05:42	18:04	12,37	28/05/2015	05:42	18:04	12,37	28/05/2016	05:42	18:04	12,37	12,37	149
29/05/2014	05:42	18:04	12,37	29/05/2015	05:42	18:04	12,37	29/05/2016	05:42	18:05	12,38	12,37	150
30/05/2014	05:42	18:05	12,38	30/05/2015	05:42	18:05	12,38	30/05/2016	05:42	18:05	12,38	12,38	151
31/05/2014	05:42	18:05	12,38	31/05/2015	05:42	18:05	12,38	31/05/2016	05:43	18:05	12,37	12,38	152
01/06/2014	05:43	18:05	12,37	01/06/2015	05:43	18:05	12,37	01/06/2016	05:43	18:05	12,37	12,37	153
02/06/2014	05:43	18:05	12,37	02/06/2015	05:43	18:05	12,37	02/06/2016	05:43	18:05	12,37	12,37	154

FECHA	Sol 2014			FECHA	Sol 2015			FECHA	Sol 2016			PROMEDIO HORAS DE SOL EN EL DIA	DIA JULIANO
	Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		
03/06/2014	05:43	18:05	12,37	03/06/2015	05:43	18:05	12,37	03/06/2016	05:43	18:06	12,38	12,37	155
04/06/2014	05:43	18:06	12,38	04/06/2015	05:43	18:06	12,38	04/06/2016	05:43	18:06	12,38	12,38	156
05/06/2014	05:43	18:06	12,38	05/06/2015	05:43	18:06	12,38	05/06/2016	05:43	18:06	12,38	12,38	157
06/06/2014	05:43	18:06	12,38	06/06/2015	05:43	18:06	12,38	06/06/2016	05:43	18:06	12,38	12,38	158
07/06/2014	05:43	18:06	12,38	07/06/2015	05:43	18:06	12,38	07/06/2016	05:43	18:06	12,38	12,38	159
08/06/2014	05:44	18:07	12,38	08/06/2015	05:44	18:07	12,38	08/06/2016	05:44	18:07	12,38	12,38	160
09/06/2014	05:44	18:07	12,38	09/06/2015	05:44	18:07	12,38	09/06/2016	05:44	18:07	12,38	12,38	161
10/06/2014	05:44	18:07	12,38	10/06/2015	05:44	18:07	12,38	10/06/2016	05:44	18:07	12,38	12,38	162
11/06/2014	05:44	18:07	12,38	11/06/2015	05:44	18:07	12,38	11/06/2016	05:44	18:07	12,38	12,38	163
12/06/2014	05:44	18:07	12,38	12/06/2015	05:44	18:07	12,38	12/06/2016	05:44	18:08	12,4	12,39	164
13/06/2014	05:44	18:08	12,4	13/06/2015	05:44	18:08	12,4	13/06/2016	05:45	18:08	12,38	12,39	165
14/06/2014	05:45	18:08	12,38	14/06/2015	05:45	18:08	12,38	14/06/2016	05:45	18:08	12,38	12,38	166
15/06/2014	05:45	18:08	12,38	15/06/2015	05:45	18:08	12,38	15/06/2016	05:45	18:08	12,38	12,38	167
16/06/2014	05:45	18:08	12,38	16/06/2015	05:45	18:08	12,38	16/06/2016	05:45	18:09	12,4	12,39	168
17/06/2014	05:45	18:09	12,4	17/06/2015	05:45	18:09	12,4	17/06/2016	05:45	18:09	12,4	12,40	169
18/06/2014	05:45	18:09	12,4	18/06/2015	05:45	18:09	12,4	18/06/2016	05:46	18:09	12,38	12,39	170
19/06/2014	05:46	18:09	12,38	19/06/2015	05:46	18:09	12,38	19/06/2016	05:46	18:09	12,38	12,38	171
20/06/2014	05:46	18:09	12,38	20/06/2015	05:46	18:09	12,38	20/06/2016	05:46	18:09	12,38	12,38	172
21/06/2014	05:46	18:10	12,4	21/06/2015	05:46	18:09	12,38	21/06/2016	05:46	18:10	12,4	12,39	173
22/06/2014	05:46	18:10	12,4	22/06/2015	05:46	18:10	12,4	22/06/2016	05:46	18:10	12,4	12,40	174
23/06/2014	05:47	18:10	12,38	23/06/2015	05:46	18:10	12,4	23/06/2016	05:47	18:10	12,38	12,39	175
24/06/2014	05:47	18:10	12,38	24/06/2015	05:47	18:10	12,38	24/06/2016	05:47	18:10	12,38	12,38	176
25/06/2014	05:47	18:10	12,38	25/06/2015	05:47	18:10	12,38	25/06/2016	05:47	18:10	12,38	12,38	177
26/06/2014	05:47	18:11	12,4	26/06/2015	05:47	18:10	12,38	26/06/2016	05:47	18:11	12,4	12,39	178
27/06/2014	05:47	18:11	12,4	27/06/2015	05:47	18:11	12,4	27/06/2016	05:48	18:11	12,38	12,39	179
28/06/2014	05:48	18:11	12,38	28/06/2015	05:48	18:11	12,38	28/06/2016	05:48	18:11	12,38	12,38	180

FECHA	Sol 2014			FECHA	Sol 2015			FECHA	Sol 2016			PROMEDIO HORAS DE SOL EN EL DIA	DIA JULIANO
	Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		
29/06/2014	05:48	18:11	12,38	29/06/2015	05:48	18:11	12,38	29/06/2016	05:48	18:11	12,38	12,38	181
30/06/2014	05:48	18:11	12,38	30/06/2015	05:48	18:11	12,38	30/06/2016	05:48	18:11	12,38	12,38	182
01/07/2014	05:48	18:11	12,38	01/07/2015	05:48	18:11	12,38	01/07/2016	05:48	18:11	12,38	12,38	183
02/07/2014	05:49	18:12	12,38	02/07/2015	05:48	18:12	12,4	02/07/2016	05:49	18:12	12,38	12,39	184
03/07/2014	05:49	18:12	12,38	03/07/2015	05:49	18:12	12,38	03/07/2016	05:49	18:12	12,38	12,38	185
04/07/2014	05:49	18:12	12,38	04/07/2015	05:49	18:12	12,38	04/07/2016	05:49	18:12	12,38	12,38	186
05/07/2014	05:49	18:12	12,38	05/07/2015	05:49	18:12	12,38	05/07/2016	05:49	18:12	12,38	12,38	187
06/07/2014	05:49	18:12	12,38	06/07/2015	05:49	18:12	12,38	06/07/2016	05:49	18:12	12,38	12,38	188
07/07/2014	05:50	18:12	12,37	07/07/2015	05:50	18:12	12,37	07/07/2016	05:50	18:12	12,37	12,37	189
08/07/2014	05:50	18:12	12,37	08/07/2015	05:50	18:12	12,37	08/07/2016	05:50	18:12	12,37	12,37	190
09/07/2014	05:50	18:12	12,37	09/07/2015	05:50	18:12	12,37	09/07/2016	05:50	18:12	12,37	12,37	191
10/07/2014	05:50	18:12	12,37	10/07/2015	05:50	18:12	12,37	10/07/2016	05:50	18:13	12,38	12,37	192
11/07/2014	05:50	18:13	12,38	11/07/2015	05:50	18:13	12,38	11/07/2016	05:50	18:13	12,38	12,38	193
12/07/2014	05:51	18:13	12,37	12/07/2015	05:50	18:13	12,38	12/07/2016	05:51	18:13	12,37	12,37	194
13/07/2014	05:51	18:13	12,37	13/07/2015	05:51	18:13	12,37	13/07/2016	05:51	18:13	12,37	12,37	195
14/07/2014	05:51	18:13	12,37	14/07/2015	05:51	18:13	12,37	14/07/2016	05:51	18:13	12,37	12,37	196
15/07/2014	05:51	18:13	12,37	15/07/2015	05:51	18:13	12,37	15/07/2016	05:51	18:13	12,37	12,37	197
16/07/2014	05:51	18:13	12,37	16/07/2015	05:51	18:13	12,37	16/07/2016	05:51	18:13	12,37	12,37	198
17/07/2014	05:51	18:13	12,37	17/07/2015	05:51	18:13	12,37	17/07/2016	05:51	18:13	12,37	12,37	199
18/07/2014	05:51	18:13	12,37	18/07/2015	05:51	18:13	12,37	18/07/2016	05:52	18:13	12,35	12,36	200
19/07/2014	05:52	18:13	12,35	19/07/2015	05:52	18:13	12,35	19/07/2016	05:52	18:13	12,35	12,35	201
20/07/2014	05:52	18:13	12,35	20/07/2015	05:52	18:13	12,35	20/07/2016	05:52	18:13	12,35	12,35	202
21/07/2014	05:52	18:13	12,35	21/07/2015	05:52	18:13	12,35	21/07/2016	05:52	18:13	12,35	12,35	203
22/07/2014	05:52	18:13	12,35	22/07/2015	05:52	18:13	12,35	22/07/2016	05:52	18:13	12,35	12,35	204
23/07/2014	05:52	18:13	12,35	23/07/2015	05:52	18:13	12,35	23/07/2016	05:52	18:13	12,35	12,35	205
24/07/2014	05:52	18:13	12,35	24/07/2015	05:52	18:13	12,35	24/07/2016	05:52	18:13	12,35	12,35	206



FECHA	Sol 2014			FECHA	Sol 2015			FECHA	Sol 2016			PROMEDIO HORAS DE SOL EN EL DIA	DIA JULIANO
	Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		
25/07/2014	05:52	18:12	12,33	25/07/2015	05:52	18:12	12,33	25/07/2016	05:52	18:12	12,33	12,33	207
26/07/2014	05:52	18:12	12,33	26/07/2015	05:52	18:12	12,33	26/07/2016	05:52	18:12	12,33	12,33	208
27/07/2014	05:52	18:12	12,33	27/07/2015	05:52	18:12	12,33	27/07/2016	05:52	18:12	12,33	12,33	209
28/07/2014	05:52	18:12	12,33	28/07/2015	05:52	18:12	12,33	28/07/2016	05:53	18:12	12,32	12,33	210
29/07/2014	05:53	18:12	12,32	29/07/2015	05:53	18:12	12,32	29/07/2016	05:53	18:12	12,32	12,32	211
30/07/2014	05:53	18:12	12,32	30/07/2015	05:53	18:12	12,32	30/07/2016	05:53	18:12	12,32	12,32	212
31/07/2014	05:53	18:12	12,32	31/07/2015	05:53	18:12	12,32	31/07/2016	05:53	18:12	12,32	12,32	213
01/08/2014	05:53	18:12	12,32	01/08/2015	05:53	18:12	12,32	01/08/2016	05:53	18:11	12,3	12,31	214
02/08/2014	05:53	18:11	12,3	02/08/2015	05:53	18:11	12,3	02/08/2016	05:53	18:11	12,3	12,30	215
03/08/2014	05:53	18:11	12,3	03/08/2015	05:53	18:11	12,3	03/08/2016	05:53	18:11	12,3	12,30	216
04/08/2014	05:53	18:11	12,3	04/08/2015	05:53	18:11	12,3	04/08/2016	05:53	18:11	12,3	12,30	217
05/08/2014	05:53	18:11	12,3	05/08/2015	05:53	18:11	12,3	05/08/2016	05:53	18:11	12,3	12,30	218
06/08/2014	05:53	18:11	12,3	06/08/2015	05:53	18:11	12,3	06/08/2016	05:53	18:10	12,28	12,29	219
07/08/2014	05:53	18:10	12,28	07/08/2015	05:53	18:10	12,28	07/08/2016	05:53	18:10	12,28	12,28	220
08/08/2014	05:53	18:10	12,28	08/08/2015	05:53	18:10	12,28	08/08/2016	05:53	18:10	12,28	12,28	221
09/08/2014	05:53	18:10	12,28	09/08/2015	05:53	18:10	12,28	09/08/2016	05:53	18:10	12,28	12,28	222
10/08/2014	05:53	18:10	12,28	10/08/2015	05:53	18:10	12,28	10/08/2016	05:52	18:09	12,28	12,28	223
11/08/2014	05:52	18:09	12,28	11/08/2015	05:52	18:09	12,28	11/08/2016	05:52	18:09	12,28	12,28	224
12/08/2014	05:52	18:09	12,28	12/08/2015	05:52	18:09	12,28	12/08/2016	05:52	18:09	12,28	12,28	225
13/08/2014	05:52	18:09	12,28	13/08/2015	05:52	18:09	12,28	13/08/2016	05:52	18:09	12,28	12,28	226
14/08/2014	05:52	18:08	12,27	14/08/2015	05:52	18:09	12,28	14/08/2016	05:52	18:08	12,27	12,27	227
15/08/2014	05:52	18:08	12,27	15/08/2015	05:52	18:08	12,27	15/08/2016	05:52	18:08	12,27	12,27	228
16/08/2014	05:52	18:08	12,27	16/08/2015	05:52	18:08	12,27	16/08/2016	05:52	18:08	12,27	12,27	229
17/08/2014	05:52	18:07	12,25	17/08/2015	05:52	18:08	12,27	17/08/2016	05:52	18:07	12,25	12,26	230
18/08/2014	05:52	18:07	12,25	18/08/2015	05:52	18:07	12,25	18/08/2016	05:52	18:07	12,25	12,25	231
19/08/2014	05:52	18:07	12,25	19/08/2015	05:52	18:07	12,25	19/08/2016	05:52	18:07	12,25	12,25	232

FECHA	Sol 2014			FECHA	Sol 2015			FECHA	Sol 2016			PROMEDIO HORAS DE SOL EN EL DIA	DIA JULIANO
	Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		
20/08/2014	05:52	18:06	12,23	20/08/2015	05:52	18:07	12,25	20/08/2016	05:52	18:06	12,23	12,24	233
21/08/2014	05:51	18:06	12,25	21/08/2015	05:51	18:06	12,25	21/08/2016	05:51	18:06	12,25	12,25	234
22/08/2014	05:51	18:06	12,25	22/08/2015	05:51	18:06	12,25	22/08/2016	05:51	18:05	12,23	12,24	235
23/08/2014	05:51	18:05	12,23	23/08/2015	05:51	18:05	12,23	23/08/2016	05:51	18:05	12,23	12,23	236
24/08/2014	05:51	18:05	12,23	24/08/2015	05:51	18:05	12,23	24/08/2016	05:51	18:05	12,23	12,23	237
25/08/2014	05:51	18:05	12,23	25/08/2015	05:51	18:05	12,23	25/08/2016	05:51	18:04	12,22	12,23	238
26/08/2014	05:51	18:04	12,22	26/08/2015	05:51	18:04	12,22	26/08/2016	05:51	18:04	12,22	12,22	239
27/08/2014	05:51	18:04	12,22	27/08/2015	05:51	18:04	12,22	27/08/2016	05:50	18:03	12,22	12,22	240
28/08/2014	05:50	18:03	12,22	28/08/2015	05:50	18:03	12,22	28/08/2016	05:50	18:03	12,22	12,22	241
29/08/2014	05:50	18:03	12,22	29/08/2015	05:50	18:03	12,22	29/08/2016	05:50	18:03	12,22	12,22	242
30/08/2014	05:50	18:02	12,2	30/08/2015	05:50	18:03	12,22	30/08/2016	05:50	18:02	12,2	12,21	243
31/08/2014	05:50	18:02	12,2	31/08/2015	05:50	18:02	12,2	31/08/2016	05:50	18:02	12,2	12,20	244
01/09/2014	05:50	18:02	12,2	01/09/2015	05:50	18:02	12,2	01/09/2016	05:49	18:01	12,2	12,20	245
02/09/2014	05:49	18:01	12,2	02/09/2015	05:49	18:01	12,2	02/09/2016	05:49	18:01	12,2	12,20	246
03/09/2014	05:49	18:01	12,2	03/09/2015	05:49	18:01	12,2	03/09/2016	05:49	18:00	12,18	12,19	247
04/09/2014	05:49	18:00	12,18	04/09/2015	05:49	18:00	12,18	04/09/2016	05:49	18:00	12,18	12,18	248
05/09/2014	05:49	18:00	12,18	05/09/2015	05:49	18:00	12,18	05/09/2016	05:49	17:59	12,17	12,18	249
06/09/2014	05:49	17:59	12,17	06/09/2015	05:49	17:59	12,17	06/09/2016	05:48	17:59	12,18	12,17	250
07/09/2014	05:48	17:59	12,18	07/09/2015	05:48	17:59	12,18	07/09/2016	05:48	17:59	12,18	12,18	251
08/09/2014	05:48	17:58	12,17	08/09/2015	05:48	17:58	12,17	08/09/2016	05:48	17:58	12,17	12,17	252
09/09/2014	05:48	17:58	12,17	09/09/2015	05:48	17:58	12,17	09/09/2016	05:48	17:58	12,17	12,17	253
10/09/2014	05:48	17:57	12,15	10/09/2015	05:48	17:57	12,15	10/09/2016	05:48	17:57	12,15	12,15	254
11/09/2014	05:47	17:57	12,17	11/09/2015	05:47	17:57	12,17	11/09/2016	05:47	17:57	12,17	12,17	255
12/09/2014	05:47	17:56	12,15	12/09/2015	05:47	17:57	12,17	12/09/2016	05:47	17:56	12,15	12,16	256
13/09/2014	05:47	17:56	12,15	13/09/2015	05:47	17:56	12,15	13/09/2016	05:47	17:56	12,15	12,15	257
14/09/2014	05:47	17:55	12,13	14/09/2015	05:47	17:56	12,15	14/09/2016	05:47	17:55	12,13	12,14	258

FECHA	Sol 2014			FECHA	Sol 2015			FECHA	Sol 2016			PROMEDIO HORAS DE SOL EN EL DIA	DIA JULIANO
	Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		
15/09/2014	05:46	17:55	12,15	15/09/2015	05:47	17:55	12,13	15/09/2016	05:46	17:55	12,15	12,14	259
16/09/2014	05:46	17:54	12,13	16/09/2015	05:46	17:55	12,15	16/09/2016	05:46	17:54	12,13	12,14	260
17/09/2014	05:46	17:54	12,13	17/09/2015	05:46	17:54	12,13	17/09/2016	05:46	17:54	12,13	12,13	261
18/09/2014	05:46	17:54	12,13	18/09/2015	05:46	17:54	12,13	18/09/2016	05:46	17:53	12,12	12,13	262
19/09/2014	05:46	17:53	12,12	19/09/2015	05:46	17:53	12,12	19/09/2016	05:45	17:53	12,13	12,12	263
20/09/2014	05:45	17:53	12,13	20/09/2015	05:45	17:53	12,13	20/09/2016	05:45	17:52	12,12	12,13	264
21/09/2014	05:45	17:52	12,12	21/09/2015	05:45	17:52	12,12	21/09/2016	05:45	17:52	12,12	12,12	265
22/09/2014	05:45	17:52	12,12	22/09/2015	05:45	17:52	12,12	22/09/2016	05:45	17:51	12,1	12,11	266
23/09/2014	05:45	17:51	12,1	23/09/2015	05:45	17:51	12,1	23/09/2016	05:45	17:51	12,1	12,10	267
24/09/2014	05:44	17:51	12,12	24/09/2015	05:44	17:51	12,12	24/09/2016	05:44	17:50	12,1	12,11	268
25/09/2014	05:44	17:50	12,1	25/09/2015	05:44	17:50	12,1	25/09/2016	05:44	17:50	12,1	12,10	269
26/09/2014	05:44	17:50	12,1	26/09/2015	05:44	17:50	12,1	26/09/2016	05:44	17:49	12,08	12,09	270
27/09/2014	05:44	17:49	12,08	27/09/2015	05:44	17:49	12,08	27/09/2016	05:44	17:49	12,08	12,08	271
28/09/2014	05:44	17:49	12,08	28/09/2015	05:44	17:49	12,08	28/09/2016	05:43	17:49	12,1	12,09	272
29/09/2014	05:43	17:48	12,08	29/09/2015	05:43	17:48	12,08	29/09/2016	05:43	17:48	12,08	12,08	273
30/09/2014	05:43	17:48	12,08	30/09/2015	05:43	17:48	12,08	30/09/2016	05:43	17:48	12,08	12,08	274
01/10/2014	05:43	17:47	12,07	01/10/2015	05:43	17:48	12,08	01/10/2016	05:43	17:47	12,07	12,07	275
02/10/2014	05:43	17:47	12,07	02/10/2015	05:43	17:47	12,07	02/10/2016	05:43	17:47	12,07	12,07	276
03/10/2014	05:43	17:47	12,07	03/10/2015	05:43	17:47	12,07	03/10/2016	05:42	17:46	12,07	12,07	277
04/10/2014	05:42	17:46	12,07	04/10/2015	05:42	17:46	12,07	04/10/2016	05:42	17:46	12,07	12,07	278
05/10/2014	05:42	17:46	12,07	05/10/2015	05:42	17:46	12,07	05/10/2016	05:42	17:46	12,07	12,07	279
06/10/2014	05:42	17:45	12,05	06/10/2015	05:42	17:45	12,05	06/10/2016	05:42	17:45	12,05	12,05	280
07/10/2014	05:42	17:45	12,05	07/10/2015	05:42	17:45	12,05	07/10/2016	05:42	17:45	12,05	12,05	281
08/10/2014	05:42	17:45	12,05	08/10/2015	05:42	17:45	12,05	08/10/2016	05:42	17:44	12,03	12,04	282
09/10/2014	05:42	17:44	12,03	09/10/2015	05:42	17:44	12,03	09/10/2016	05:42	17:44	12,03	12,03	283
10/10/2014	05:41	17:44	12,05	10/10/2015	05:41	17:44	12,05	10/10/2016	05:41	17:44	12,05	12,05	284

FECHA	Sol 2014			FECHA	Sol 2015			FECHA	Sol 2016			PROMEDIO HORAS DE SOL EN EL DIA	DIA JULIANO
	Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		
11/10/2014	05:41	17:43	12,03	11/10/2015	05:41	17:43	12,03	11/10/2016	05:41	17:43	12,03	12,03	285
12/10/2014	05:41	17:43	12,03	12/10/2015	05:41	17:43	12,03	12/10/2016	05:41	17:43	12,03	12,03	286
13/10/2014	05:41	17:43	12,03	13/10/2015	05:41	17:43	12,03	13/10/2016	05:41	17:42	12,02	12,03	287
14/10/2014	05:41	17:42	12,02	14/10/2015	05:41	17:42	12,02	14/10/2016	05:41	17:42	12,02	12,02	288
15/10/2014	05:41	17:42	12,02	15/10/2015	05:41	17:42	12,02	15/10/2016	05:41	17:42	12,02	12,02	289
16/10/2014	05:41	17:42	12,02	16/10/2015	05:41	17:42	12,02	16/10/2016	05:41	17:41	12	12,01	290
17/10/2014	05:41	17:41	12	17/10/2015	05:41	17:41	12	17/10/2016	05:41	17:41	12	12,00	291
18/10/2014	05:41	17:41	12	18/10/2015	05:41	17:41	12	18/10/2016	05:41	17:41	12	12,00	292
19/10/2014	05:41	17:41	12	19/10/2015	05:41	17:41	12	19/10/2016	05:41	17:41	12	12,00	293
20/10/2014	05:41	17:40	11,98	20/10/2015	05:41	17:41	12	20/10/2016	05:40	17:40	12	11,99	294
21/10/2014	05:40	17:40	12	21/10/2015	05:40	17:40	12	21/10/2016	05:40	17:40	12	12,00	295
22/10/2014	05:40	17:40	12	22/10/2015	05:40	17:40	12	22/10/2016	05:40	17:40	12	12,00	296
23/10/2014	05:40	17:40	12	23/10/2015	05:40	17:40	12	23/10/2016	05:40	17:40	12	12,00	297
24/10/2014	05:40	17:39	11,98	24/10/2015	05:40	17:39	11,98	24/10/2016	05:40	17:39	11,98	11,98	298
25/10/2014	05:40	17:39	11,98	25/10/2015	05:40	17:39	11,98	25/10/2016	05:40	17:39	11,98	11,98	299
26/10/2014	05:40	17:39	11,98	26/10/2015	05:40	17:39	11,98	26/10/2016	05:40	17:39	11,98	11,98	300
27/10/2014	05:40	17:39	11,98	27/10/2015	05:40	17:39	11,98	27/10/2016	05:40	17:39	11,98	11,98	301
28/10/2014	05:40	17:39	11,98	28/10/2015	05:40	17:39	11,98	28/10/2016	05:40	17:39	11,98	11,98	302
29/10/2014	05:41	17:38	11,95	29/10/2015	05:41	17:39	11,97	29/10/2016	05:41	17:38	11,95	11,96	303
30/10/2014	05:41	17:38	11,95	30/10/2015	05:41	17:38	11,95	30/10/2016	05:41	17:38	11,95	11,95	304
31/10/2014	05:41	17:38	11,95	31/10/2015	05:41	17:38	11,95	31/10/2016	05:41	17:38	11,95	11,95	305
01/11/2014	05:41	17:38	11,95	01/11/2015	05:41	17:38	11,95	01/11/2016	05:41	17:38	11,95	11,95	306
02/11/2014	05:41	17:38	11,95	02/11/2015	05:41	17:38	11,95	02/11/2016	05:41	17:38	11,95	11,95	307
03/11/2014	05:41	17:38	11,95	03/11/2015	05:41	17:38	11,95	03/11/2016	05:41	17:38	11,95	11,95	308
04/11/2014	05:41	17:38	11,95	04/11/2015	05:41	17:38	11,95	04/11/2016	05:41	17:38	11,95	11,95	309
05/11/2014	05:41	17:38	11,95	05/11/2015	05:41	17:38	11,95	05/11/2016	05:41	17:38	11,95	11,95	310

FECHA	Sol 2014			FECHA	Sol 2015			FECHA	Sol 2016			PROMEDIO HORAS DE SOL EN EL DÍA	DÍA JULIANO
	Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		
06/11/2014	05:41	17:38	11,95	06/11/2015	05:41	17:38	11,95	06/11/2016	05:41	17:38	11,95	11,95	311
07/11/2014	05:42	17:38	11,93	07/11/2015	05:41	17:38	11,95	07/11/2016	05:42	17:38	11,93	11,94	312
08/11/2014	05:42	17:38	11,93	08/11/2015	05:42	17:38	11,93	08/11/2016	05:42	17:38	11,93	11,93	313
09/11/2014	05:42	17:38	11,93	09/11/2015	05:42	17:38	11,93	09/11/2016	05:42	17:38	11,93	11,93	314
10/11/2014	05:42	17:38	11,93	10/11/2015	05:42	17:38	11,93	10/11/2016	05:42	17:38	11,93	11,93	315
11/11/2014	05:42	17:38	11,93	11/11/2015	05:42	17:38	11,93	11/11/2016	05:42	17:38	11,93	11,93	316
12/11/2014	05:42	17:38	11,93	12/11/2015	05:42	17:38	11,93	12/11/2016	05:43	17:38	11,92	11,93	317
13/11/2014	05:43	17:38	11,92	13/11/2015	05:43	17:38	11,92	13/11/2016	05:43	17:38	11,92	11,92	318
14/11/2014	05:43	17:38	11,92	14/11/2015	05:43	17:38	11,92	14/11/2016	05:43	17:38	11,92	11,92	319
15/11/2014	05:43	17:38	11,92	15/11/2015	05:43	17:38	11,92	15/11/2016	05:43	17:38	11,92	11,92	320
16/11/2014	05:44	17:38	11,9	16/11/2015	05:43	17:38	11,92	16/11/2016	05:44	17:38	11,9	11,91	321
17/11/2014	05:44	17:38	11,9	17/11/2015	05:44	17:38	11,9	17/11/2016	05:44	17:38	11,9	11,90	322
18/11/2014	05:44	17:38	11,9	18/11/2015	05:44	17:38	11,9	18/11/2016	05:44	17:38	11,9	11,90	323
19/11/2014	05:44	17:38	11,9	19/11/2015	05:44	17:38	11,9	19/11/2016	05:45	17:39	11,9	11,90	324
20/11/2014	05:45	17:39	11,9	20/11/2015	05:45	17:39	11,9	20/11/2016	05:45	17:39	11,9	11,90	325
21/11/2014	05:45	17:39	11,9	21/11/2015	05:45	17:39	11,9	21/11/2016	05:45	17:39	11,9	11,90	326
22/11/2014	05:45	17:39	11,9	22/11/2015	05:45	17:39	11,9	22/11/2016	05:46	17:39	11,88	11,89	327
23/11/2014	05:46	17:39	11,88	23/11/2015	05:46	17:39	11,88	23/11/2016	05:46	17:39	11,88	11,88	328
24/11/2014	05:46	17:39	11,88	24/11/2015	05:46	17:39	11,88	24/11/2016	05:46	17:40	11,9	11,89	329
25/11/2014	05:46	17:40	11,9	25/11/2015	05:46	17:40	11,9	25/11/2016	05:47	17:40	11,88	11,89	330
26/11/2014	05:47	17:40	11,88	26/11/2015	05:47	17:40	11,88	26/11/2016	05:47	17:40	11,88	11,88	331
27/11/2014	05:47	17:40	11,88	27/11/2015	05:47	17:40	11,88	27/11/2016	05:47	17:40	11,88	11,88	332
28/11/2014	05:48	17:40	11,87	28/11/2015	05:48	17:40	11,87	28/11/2016	05:48	17:41	11,88	11,87	333
29/11/2014	05:48	17:41	11,88	29/11/2015	05:48	17:41	11,88	29/11/2016	05:48	17:41	11,88	11,88	334
30/11/2014	05:49	17:41	11,87	30/11/2015	05:48	17:41	11,88	30/11/2016	05:49	17:41	11,87	11,87	335
01/12/2014	05:49	17:41	11,87	01/12/2015	05:49	17:41	11,87	01/12/2016	05:49	17:42	11,88	11,87	336

FECHA	Sol 2014			FECHA	Sol 2015			FECHA	Sol 2016			PROMEDIO HORAS DE SOL EN EL DIA	DIA JULIANO
	Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		
02/12/2014	05:49	17:42	11,88	02/12/2015	05:49	17:42	11,88	02/12/2016	05:50	17:42	11,87	11,88	337
03/12/2014	05:50	17:42	11,87	03/12/2015	05:50	17:42	11,87	03/12/2016	05:50	17:42	11,87	11,87	338
04/12/2014	05:50	17:42	11,87	04/12/2015	05:50	17:42	11,87	04/12/2016	05:51	17:43	11,87	11,87	339
05/12/2014	05:51	17:43	11,87	05/12/2015	05:51	17:43	11,87	05/12/2016	05:51	17:43	11,87	11,87	340
06/12/2014	05:51	17:43	11,87	06/12/2015	05:51	17:43	11,87	06/12/2016	05:51	17:43	11,87	11,87	341
07/12/2014	05:52	17:44	11,87	07/12/2015	05:52	17:44	11,87	07/12/2016	05:52	17:44	11,87	11,87	342
08/12/2014	05:52	17:44	11,87	08/12/2015	05:52	17:44	11,87	08/12/2016	05:52	17:44	11,87	11,87	343
09/12/2014	05:53	17:44	11,85	09/12/2015	05:53	17:44	11,85	09/12/2016	05:53	17:45	11,87	11,86	344
10/12/2014	05:53	17:45	11,87	10/12/2015	05:53	17:45	11,87	10/12/2016	05:53	17:45	11,87	11,87	345
11/12/2014	05:54	17:45	11,85	11/12/2015	05:53	17:45	11,87	11/12/2016	05:54	17:46	11,87	11,86	346
12/12/2014	05:54	17:46	11,87	12/12/2015	05:54	17:46	11,87	12/12/2016	05:54	17:46	11,87	11,87	347
13/12/2014	05:55	17:46	11,85	13/12/2015	05:54	17:46	11,87	13/12/2016	05:55	17:46	11,85	11,86	348
14/12/2014	05:55	17:47	11,87	14/12/2015	05:55	17:47	11,87	14/12/2016	05:55	17:47	11,87	11,87	349
15/12/2014	05:56	17:47	11,85	15/12/2015	05:55	17:47	11,87	15/12/2016	05:56	17:47	11,85	11,86	350
16/12/2014	05:56	17:48	11,87	16/12/2015	05:56	17:47	11,85	16/12/2016	05:56	17:48	11,87	11,86	351
17/12/2014	05:57	17:48	11,85	17/12/2015	05:56	17:48	11,87	17/12/2016	05:57	17:48	11,85	11,86	352
18/12/2014	05:57	17:49	11,87	18/12/2015	05:57	17:48	11,85	18/12/2016	05:57	17:49	11,87	11,86	353
19/12/2014	05:58	17:49	11,85	19/12/2015	05:57	17:49	11,87	19/12/2016	05:58	17:49	11,85	11,86	354
20/12/2014	05:58	17:50	11,87	20/12/2015	05:58	17:49	11,85	20/12/2016	05:58	17:50	11,87	11,86	355
21/12/2014	05:59	17:50	11,85	21/12/2015	05:58	17:50	11,87	21/12/2016	05:59	17:50	11,85	11,86	356
22/12/2014	05:59	17:51	11,87	22/12/2015	05:59	17:50	11,85	22/12/2016	05:59	17:51	11,87	11,86	357
23/12/2014	06:00	17:51	11,85	23/12/2015	05:59	17:51	11,87	23/12/2016	06:00	17:51	11,85	11,86	358
24/12/2014	06:00	17:52	11,87	24/12/2015	06:00	17:51	11,85	24/12/2016	06:00	17:52	11,87	11,86	359
25/12/2014	06:01	17:52	11,85	25/12/2015	06:00	17:52	11,87	25/12/2016	06:01	17:52	11,85	11,86	360
26/12/2014	06:01	17:53	11,87	26/12/2015	06:01	17:52	11,85	26/12/2016	06:01	17:53	11,87	11,86	361
27/12/2014	06:02	17:53	11,85	27/12/2015	06:01	17:53	11,87	27/12/2016	06:02	17:53	11,85	11,86	362

FECHA	Sol 2014			FECHA	Sol 2015			FECHA	Sol 2016			PROMEDIO HORAS DE SOL EN EL DÍA	DÍA JULIANO
	Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		Salida	Puesta	Duración del día		
28/12/2014	06:02	17:54	11,87	28/12/2015	06:02	17:53	11,85	28/12/2016	06:02	17:54	11,87	11,86	363
29/12/2014	06:02	17:54	11,87	29/12/2015	06:02	17:54	11,87	29/12/2016	06:03	17:54	11,85	11,86	364
30/12/2014	06:03	17:55	11,87	30/12/2015	06:03	17:54	11,85	30/12/2016	06:03	17:55	11,87	11,86	365
31/12/2014	06:03	17:55	11,87	31/12/2015	06:03	17:55	11,87	31/12/2016	06:04	17:55	11,85	11,86	366

(dateandtime.info : hora mundial, 2017)<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> (dateandtime.info : hora mundial, 2017)

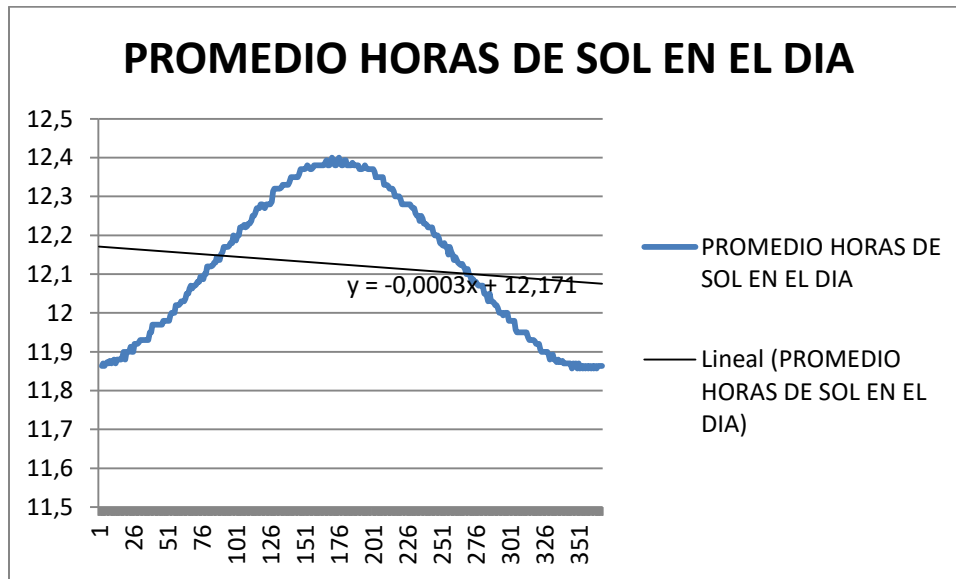


Figura 7. Comportamiento de horas de sol en los años 2014, 2015 y 2016

Teniendo en cuenta que el promedio mínimo de horas de sol es de 11,7 horas de sol en el día por 6 días a la semana que es cuando la universidad se encuentra prestando sus servicios se validan de nuevo las formulas así:

Para:

$$E_T = 1280 \text{ Wh}$$

Como el sistema va a cargar las baterías de manera diaria se va a tomar como el número de días de autonomía como  $N=6$  días inicialmente, la profundidad de descarga máxima admisible de las baterías de 80% (0,8), y como la auto descarga mensual vale 4,5% su valor diario dado por  $k_a$  será:

$$R = 1 - [(1 - k_b - k_c - k_v)k_a^{N/P_d}] - k_b - k_c - k_v$$

Se toma  $k_b=0,05$ ;  $k_a=0,005$ ;  $k_c=0,1$ ;  $k_v=0,15$ ;  $N=6$ ;  $P_d=0,75$

$$R = 1 - [(1 - 0,05 - 0,005 - 0,15)0,005 \times 6/0,75] - 0,05 - 0,1 - 0,15 = 0,83$$

$$E = \frac{E_T}{R} = \frac{1280 \text{ Wh}}{0,83} = 1542,2 \text{ Wh}$$

La capacidad utilizable de la batería  $C_u = EN = 1542,2 \times 6 = 9253,0 \text{ Wh}$

$$C = C_u/P_d$$

$$C = 9253 \text{ Wh}/0,75 = 12337 \text{ A.h}$$



Luego de tener estos datos validamos la cantidad de paneles a necesitar a través de

$$HSP = 0,2778 \text{ kWh} = 0,2778 \times 11,7 = 3,3h$$

El regulador

$$E_p = \frac{E}{0,9} = \frac{1280Wh}{0,9} = 1713,5Wh$$

$$No \text{ de Paneles} = E_p / P(HSP)$$

$$No \text{ de Paneles} = \frac{1713,5 \text{ Wh}}{190W \times 3,3h} = 2,8 \cong 3$$

Para:

$$E_T = 6648 \text{ Wh}$$

Como el sistema va a cargar las baterías de manera diaria se va a tomar como el número de días de autonomía como  $N=6$  días inicialmente, la profundidad de descarga máxima admisible de las baterías de 80% (0,8), y como la auto descarga mensual vale 4,5% su valor diario dado por  $k_a$  será:

$$R = 1 - [(1 - k_b - k_c - k_v)k_a^{N/P_d}] - k_b - k_c - k_v$$

Se toma  $k_b=0,05$ ;  $k_a=0,005$ ;  $k_c=0,1$ ;  $k_v=0,15$ ;  $N=6$ ;  $P_d=0,75$

$$R = 1 - [(1 - 0,05 - 0,005 - 0,15)0,005 \times 6/0,75] - 0,05 - 0,1 - 0,15 = 0,83$$

$$E = \frac{E_T}{R} = \frac{6648}{0,83} = 8009,63 \text{ W}$$

La capacidad utilizable de la batería  $C_u = EN = 8009,63W \times 6 = 48057 \text{ Wh}$

$$C = C_u / P_d$$

$$C = 48057 \text{ Wh} / 0,75 = 64076 \text{ A.h}$$

Luego de tener estos datos validamos la cantidad de paneles a necesitar a través de

$$HSP = 0,2778 \text{ kWh} = 0,2778 \times 11,7 \times 6 = 19,5$$

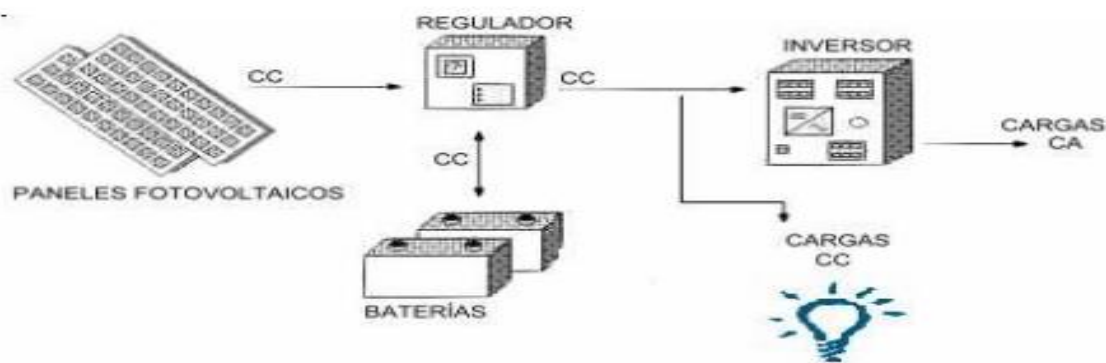
El regulador

$$E_p = \frac{E}{0,9} = \frac{8009,63}{0,9} = 8899,58$$

$$No\ de\ Paneles = E_p / P(HSP)$$

$$No\ de\ Paneles = \frac{8899}{190 \times 19,5} = 2,23 \cong 2$$

Luego de tener en cuenta las capacidades de los componentes a utilizar se realiza el montaje del sistema de abastecimiento



*Figura 10. Ilustración de sistema de abastecimiento de energía eléctrica fotovoltaica a equipos de iluminación de paneles LED del baño de hombres 6 piso*

Luego de establecer las cantidades de equipos que se requieren también hay que tener en cuenta las características de consumo de cada uno de los dispositivos a usar ya que el inversor de corriente, el regulador y las baterías realizan también un consumo considerable de energía eléctrica por lo tanto se valida los equipos sin carga para evaluar cuál es su consumo y tenerlo en cuenta en el momento de realizar el montaje.

- En primera instancia se valida el consumo del regulador el cual puede regular 24 o 12 voltios 30 A lo cual lo mostramos en la figura 11.



Figura 11. Especificaciones del regulador físico

Se muestra en la figura 12a y 12b las características del manual de operación y forma de conexión del dispositivo.

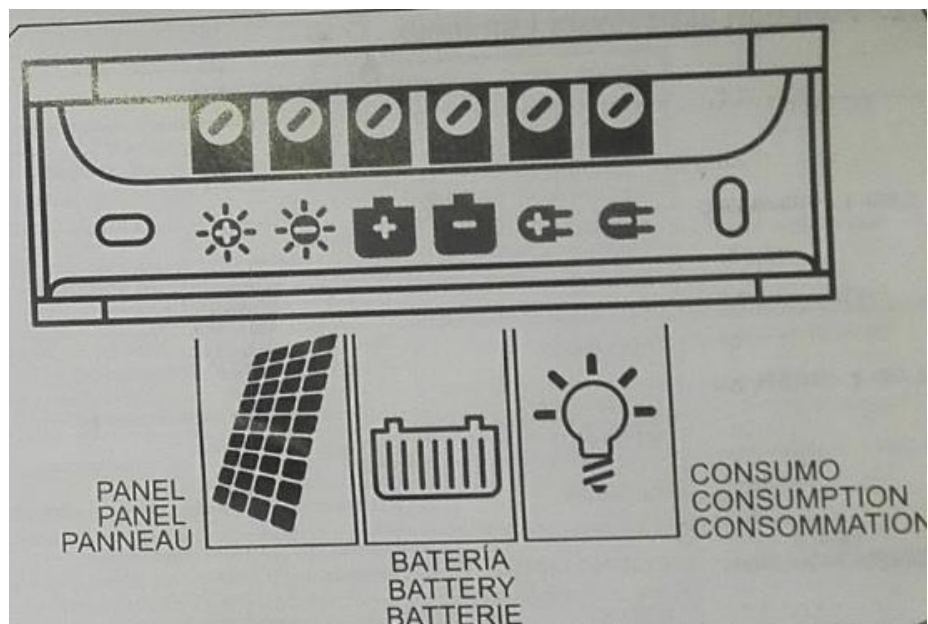


Figura 12a, forma de conexión del regulador.

El regulador MINO Mosfets que impide que la circuitería proporcione una mejora convencional de bloqueo.

### 6.- DATOS TÉCNICOS.

#### 6.1.- Características eléctricas

	MINO V2 12/24V 15	MINO V2 12/24V 30
Tensión nominal	12/24V (automático)	
Consumo típico	6 mA	
Rango intensidad carga	0 - 12 A	0 - 21 A
Rango intensidad consumo	0 - 16 A	0 - 28 A

#### 6.2.- Características físicas

	Versión no estanca	Versión estanca
Sección máxima de cable	6 mm <sup>2</sup> con puntera cable flexible 10 mm <sup>2</sup> cable unipolar	Ø máx. de la manguera: 14 mm.
Peso (aproximado)	250 g.	1 Kg.
Dimensiones	140 x 116 x 30 mm.	150 x 240 x 78 mm.
Grado de protección	IP-20	IP-67
Protección UV	SI	
Rango de temperatura	-10° C a + 40° C	
Otras características	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carátula de material autoextinguible</li> <li>Base de aluminio con tratamiento de cataforesis en su parte posterior.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caja de policarbonato con tapa transparente</li> <li>Resistencia a la llama: UI94 V-2</li> <li>Resistencia a golpes IK 08</li> <li>Tres prensaestopas IP-68 para facilitar la entrada de cables a la caja</li> </ul>

Figura 12b, características eléctricas del regulador

- En segunda instancia se tiene el inversor de corriente a utilizar el cual se muestra en la figura 13.



Figura 13. Inversor de corriente 1200 W.

Las características de este dispositivo se encuentran en la página del fabricante el cual se

referencia y de igual manera se tiene en cuenta en la figura 14 donde se muestran las características del mismo.

SPECIFICATION	
Pro-1200W WATT INVERTER SPECIFICATIONS	
Maximum Continuous Power .....	1200 Watts
Maximum Surge Capability (Peak Power) .....	2400 Watts*
No Load Current Draw .....	≤ 1.0A
Waveform .....	Modified Sine Wave
Operating Input Voltage Range .....	11-15±0.5 Volts DC
AC Receptacle .....	Three North American 3 Prong
USB .....	.5 Volt 500mA Max
Approximate Dimensions .....	.8.9" L x 7.4" W x 3.54" H
Approximate Weight .....	4.5 lbs

Figura 14. Especificaciones del inversor de 1200 W. (WHISTLER, 2010)<sup>9</sup>

- Ahora validamos las características del panel solar el cual se muestra en la figura 15a y 15b.

HERSIC INTERNATIONAL	
400 Applewood Crescent, suite 100, Vaughan	
ON, L4K 0C3, Canada	
MODULE TYPE:	JC-H06947-190W24P
Peak Power(Pmax)	(W): 190
Production Tolerance	(%): 0 ~ +3
Maximum Power Current(Imp)	(A): 7.76
Maximum Power Voltage(Vmp)	(V): 24.48
Short Circuit Current(Isc)	(A): 8.30
Open Circuit Voltage (Voc)	(V): 29.23
Weight	(Kg): 16.4
Dimensions	(mm): 1330*990*40
Maximum System Voltage	(VDC): 1000
Application class	A
Fire safety class	C
Mechanical load tested	(Pa): 5400
All technical data at standard test condition	
AM=1.5 E=1000W/M <sup>2</sup> T <sub>C</sub> =25℃	
CE	
WARNING ELECTRICAL HAZARD THIS UNIT PRODUCES DC ELECTRICITY WHEN EXPOSED TO LIGHT. COVER GLASS BEFORE REMOVING TERMINAL JUNCTION BOX LID.	

Figura 15a. Especificaciones del panel solar

<sup>9</sup> (WHISTLER, 2010)



Figura 15b. Panel Solar

## 5. RESULTADOS/PRODUCTOS ESPERADOS Y POTENCIALES BENEFICIARIOS:

*Descripción de resultados:*

*Tabla 11. Productos resultados de actividades de Investigación, Desarrollo e Innovación*

Resultado/Producto esperado	Indicador	Beneficiario
Mediante la investigación se espera obtener métodos matemáticos.	Capacidad de calcular cantidad de material y especificaciones de los mismos a utilizar	Encontrar materiales idóneos para la elaboración del proyecto con el fin de que no presente deterioro por defecto de materiales
Proyección de aplicaciones del proyecto.	Propuestas que en el momento se generan para desarrollar proyectos a mediano y largo plazo.	En primera instancia seria beneficiario la Fundación Universitaria los Libertadores, ya que tiene nuevas propuestas para desarrollar proyectos en aula y como inversión en la misma infraestructura de las instalaciones de la entidad

*Tabla 12. Productos de Apropiación Social del Conocimiento:*

Resultado/Producto esperado	Indicador	Beneficiario
Con la planta de abastecimiento con paneles solares fotovoltaicos, y UPS se espera mantener un nivel de	Menor consumo de energía eléctrica proveniente del servicio	La Fundación Universitaria los Libertadores ya que el nivel de energía eléctrica

Resultado/Producto esperado	Indicador	Beneficiario
voltaje AC estable. Con el fin de no perder datos que se obtienen en de los equipos del laboratorio de radiometría solar. En este caso realizar la demostración de la estación, suministrando energía al sistema de iluminación del baño de hombres del sexto piso de la sede Santander	publico	seria constante todo el tiempo y en primera instancia alarga la vida útil de los equipos, también obtendría datos constantes que se adquieren de las mediciones en el laboratorio de radiometría solar. Y suministrando energía al sistema de iluminación del baño de hombres del sexto piso de la sede Santander

*Tabla 13. Impactos esperados a partir del uso de los resultados:*

Disminución de la facturación en cuanto consumo de energía eléctrica, por parte de la empresa de abastecimiento de fluido eléctrico público en la ciudad de Bogotá (CODENSA)	Mejor cuantificación de los datos de las mediciones adquiridas en el laboratorio de radiometría solar, ya que estos datos sirven para establecer tendencias climáticas, radiación solar en la ciudad, brillo solar y cantidad de rayos UV que irradian a Bogotá	Confianza en energías renovables para establecer de igual manera una tendencia en cuanto a nivel institucional, de ser una de las universidades con mayor desempeño en proyectos de energías limpias.
--	---	---



### 5.1 Conformación y trayectoria del Grupo de Investigación

*Yessika Danitza Pachón Méndez*

- *Tecnólogo Electrónico, Corporación Internacional Para El Desarrollo Educativo CIDE*
- *Estudiante de 10º semestre Ingeniería Electrónica, Fundación Universitaria Los Libertadores*

*Duvan Camilo Borda Coronado*

- *Tecnólogo Electrónico, Corporación Internacional Para El Desarrollo Educativo CIDE*
- *Estudiante de 10º semestre Ingeniería Electrónica, Fundación Universitaria Los Libertadores*

### 5.2 Cronograma de Actividades

Descripción y justificación de actividades	Responsables	CALENDARIO							
		May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Investigación y adquisición de datos para calcular diseño	Adquisición de datos e investigación para el diseño del sistema que suministra energía AC a los equipos	X	X						
Implementación del diseño calculado en el laboratorio de radiometría solar, demostrando el sistema de abastecimiento con la iluminación del baño de hombres del sexto piso sede Santander	Toma de datos de las potencias de consumo de los componentes en el laboratorio, datos de radiación solar y brillo, implementación y diseño del sistema basado en estos cálculos obtención de potencias requeridas por los equipos		X	X	X				
Ensamble del sistema completo para los equipos BIOSPHERICO, UV-Biométrico, Computador Y monitor, demostrando el sistema de abastecimiento con la iluminación del baño	Ensamble de etapas de suministro, control, almacenamiento y distribución de la energía eléctrica				X	X			



Descripción y justificación actividades	y Responsables de	CALENDARIO							
		May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
de hombres del sexto piso sede Santander									
Evaluación de resultados	de	Obtención de datos correspondientes a el uso de la energía fotovoltaica Vs consumo energía convencional					X	X	X

## 6. PRESUPUESTO

### 6.1 FUENTES DE FINANCIACIÓN

*Fundación Universitaria Los Libertadores*

## 7. TABLAS DE PRESUPUESTO

Tabla 14. Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación

RUBROS	FUENTES		TOTAL
	Externos	Fundación Universitaria	
EQUIPOS	PANELES, INVERSORES Y BATERIAS		3'340.000
MATERIALES	CABLEADO Y CONECTORES		200.000
SERVICIOS TÉCNICOS	MANO DE OBRA DE INSTALACION		2'000'000
TOTAL			5'300.000

Tabla 15 Descripción y cuantificación de los equipos de uso propio.

EQUIPOS	VALOR
2 EQUIPOS PORTATIL	1'500.000
MULTIMETRO	100.000
TOTAL	\$ 1'600.000

Tabla 16 Materiales, suministros

Materiales*	Justificación	Valor
CABLE DUPLEX #12	Materiales requeridos para el desarrollo del proyecto	120.000
CORAZA ½'		40.000
PANELES 190W		800,000
BATERIAS		1'740.000
INVERSORES		800.000
CONSUMIBLES (Tornillos, chazos, conectores, cinta, silicona, etc.)		40.000
Total (Pesos)		3'540.000

Tabla 17 Servicios Técnicos

Tipo de servicio	Justificación	Valor
MANO DE OBRAS DE LA INSTALACION	Instalación de planta de energía fotovoltaica	2'000.000
TOTAL		2'000.000

Según una tabla tarifaria de CODENSA, la empresa proveedora da energía eléctrica en la ciudad de Bogotá, donde indica el valor de KWH que cobra según el estrato y total tarifario de las empresas en la ciudad se establece la siguiente relación. (CODENSA, 2017)<sup>10</sup>

Tabla 18 Comparación tarifaria de consumo en KWH de los equipos

CONSUMO DE EQUIPOS TABLA CODENSA	VALOR KWH	VALOR DE LO QUE CONSUMEN LOS EQUIPOS EN 1 HORA	VALOR DEL CONSUMO DE LOS EQUIPOS EN 24 HORAS	VALOR DEL CONSUMO EN EL MES	VALOR DEL CONSUMO EN EL AÑO	TASA INTERNA DE RETORNO
VALOR KWH	\$ 543,13	\$ 300,89	\$ 7.221,41	\$ 216.642,18	\$ 2.599.706,14	2,05 AÑOS

En la tabla 8 y 9 se establece la relación del consumo de los equipos en KWH el cual es de 80 W y 554W donde se hace una proyección indicando si el valor de KWH no cambiase en 10 años la tasa interna de retorno sería de 2,05 años para recuperar la inversión del proyecto, dado que los materiales tienen 20 años de garantía, se puede indicar que la ventaja que se tiene con respecto al proyecto es la estabilidad en cuanto a la eliminación de fluctuaciones eléctricas, no habría pérdida de datos, además de esto la inversión se recupera en 2,05 años

<sup>10</sup> (CODENSA, 2017)

dado esto en los próximos 20 años se tendría una efectividad de la inversión de 89,75% asumiendo que el valor del KWH no incremente, de este modo se estará incentivando el montaje de energías alternativas.

### TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$/kWh) REGULADAS POR LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS (CREG) AGOSTO DE 2017

SECTOR RESIDENCIAL NIVEL DE TENSIÓN 1					ÁREAS COMUNES NIVEL DE TENSIÓN 1		
ESTRATO (E)	RANGO DE CONSUMO (kWh-mes)	PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)	PROPIEDAD COMPARTIDA (*) (\$/kWh)	MODALIDAD (Todo consumo)	PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)
E1	0-CS(+) Más de CS	198,7124 449,2695	183,9730 413,9877	191,3428 431,6286	E1	449,2695	413,9877
E2	0-CS(+) Más de CS	248,3906 449,2695	229,9664 413,9877	239,1784 431,6286	E2	449,2695	413,9877
E3	0-CS(+) Más de CS	381,8791 449,2695	351,8895 413,9877	366,8843 431,6286	E3	449,2695	413,9877
E4	Todo consumo	449,2695	413,9877	431,6286	E4	449,2695	413,9877
E5	Todo consumo	539,1234	496,7852	517,9543	E5 y E6, Industrial y Comercial	539,1234	496,7852
E6	Todo consumo	539,1234	496,7852	517,9543	Exenta de contribución	449,2695	413,9877

(+) CS: Consumo de Subsistencia

SECTOR NO RESIDENCIAL								
			NIVEL 1 PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	NIVEL 1 PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)	NIVEL 1 PROPIEDAD COMPARTIDA (*) (\$/kWh)	NIVEL 2 (11,4 y 13,2 kV) (\$/kWh)	NIVEL 3 (34,5 kV) (\$/kWh)	NIVEL 4 (115 kV) (\$/kWh)
OFICIAL E INDUSTRIAL SIN CONTRIBUCIÓN	SENCILLA	Monomía	449,2695	413,9877	431,6286	362,7360	334,2689	286,0579
	OPCIONES HORARIAS (**)	Punta	452,3601	417,0783	434,7192	365,2884	334,6371	285,8545
		Fuera de Punta	448,7707	413,4889	431,1298	362,4024	334,8759	290,5799
INDUSTRIAL Y COMERCIAL CON CONTRIBUCIÓN	SENCILLA	Monomía	539,1234	496,7852	517,9543	435,2832	401,1227	343,2695
	OPCIONES HORARIAS (**)	Punta	542,8321	500,4940	521,6630	438,3461	401,5645	343,0254
		Fuera de Punta	538,5248	496,1867	517,3558	434,8829	401,8511	348,6959
INDUSTRIAL SIN CONTRIBUCIÓN	DOBLE HORARIA	Nocturna	452,6052	417,3234	434,9643	365,6340	337,2273	
		Diurna	448,6771	413,3953	431,0362	362,2661	333,6115	
INDUSTRIAL CON CONTRIBUCIÓN	DOBLE HORARIA	Nocturna	543,1262	500,7881	521,9572	438,7608	404,6728	
		Diurna	538,4125	496,0744	517,2434	434,7193	400,3338	

Figura 16. Tabla de tarifas CODENSA KWH

## 8. MEDICIONES EN EL LABORATORIO CON PIRANOMETRO EN DIA 10 NOVIEMBRE DE 2017

La radiación solar está relacionada con la estabilidad de la atmósfera. Los datos sobre la cobertura y la altitud de las nubes (altura de la base de la cima de la nube que oscurece casi la mitad del cielo) proporcionan una estimación indirecta de los efectos de la radiación solar y se usan junto con la velocidad del viento para derivar una categoría de estabilidad atmosférica.

El instrumento más usado en la medición de la radiación solar es el piranómetro, ilustrado en la figura (A). El piranómetro mide la radiación directa y difusa sobre una superficie horizontal. Consta de un pequeño disco plano con sectores pintados alternativamente de blanco y negro. Cuando el aparato es expuesto a la radiación solar, los sectores negros se vuelven más cálidos que los blancos. Esta diferencia de temperatura se puede detectar electrónicamente. Se produce un voltaje eléctrico proporcional a la radiación solar incidente. Se instala una cúpula de vidrio óptico estándar sobre el disco que es transparente a longitudes de onda que oscilan aproximadamente entre 280 y 2.800 nm. Algunos

piranómetros usan una cúpula de vidrio de silicio para medir la radiación en diferentes intervalos espectrales.

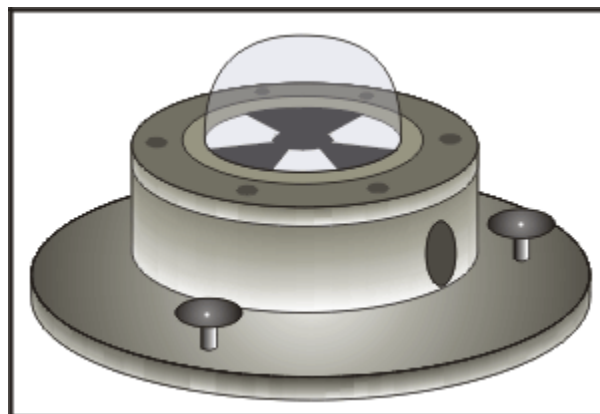


Figura 17. PIRANOMETRO

Ubicación y exposición de los instrumentos para medir la radiación solar

Los piranómetros usados para medir la radiación incidente (solar) se deben colocar en áreas abiertas con una amplia vista del cielo hacia todas las direcciones y durante todas las estaciones. Deben localizarse en puntos donde no se produzcan obstrucciones que proyecten una sombra sobre el sensor en cualquier momento. Además, se debe evitar colocarlos cerca de paredes de colores claros y fuentes artificiales de radiación. La altura del sensor no es un factor determinante para los piranómetros. Una ubicación recomendable es sobre una plataforma elevada.

Los radiómetros netos se deben colocar aproximadamente a 1 m sobre el nivel del suelo. El subsuelo que está bajo el instrumento debe ser representativo del área general. También se deben colocar radiómetros netos para evitar obstrucciones en el campo de vista tanto ascendente como descendente. (METEOROLOGICOS, 2016)<sup>11</sup>

Con respecto al dispositivo de medida se realiza la toma de los siguientes datos mostrados en la tabla 18 y 19 los cuales corresponden unos intervalos de tiempo específicos.

Tabla 18 intervalo 60 segundos

PRUEBAS CADA MINUTO	
HORA	mV
9:48	3.010
9:49	2.993
9:50	2.961

<sup>11</sup> (METEOROLOGICOS, 2016)

PRUEBAS CADA MINUTO	
9:51	2.926
9:52	2.886
9:53	2.814
9:54	2.788
9:55	2.754
9:56	2.751
9:57	2.761
9:58	2.763
9:59	2.746
10:00	2.786
10:01	2.765
10:02	2.741
10:03	2.717
10:04	2.711
10:05	2.725
10:06	2.749
10:07	2.784
10:08	2.816
10:09	2.826
10:10	2.834
10:11	2.839
10:12	2.820

En la figura 18 se muestra una tendencia de una baja de voltaje ya que el día se encontraba nublado cuando se tomaron las medidas

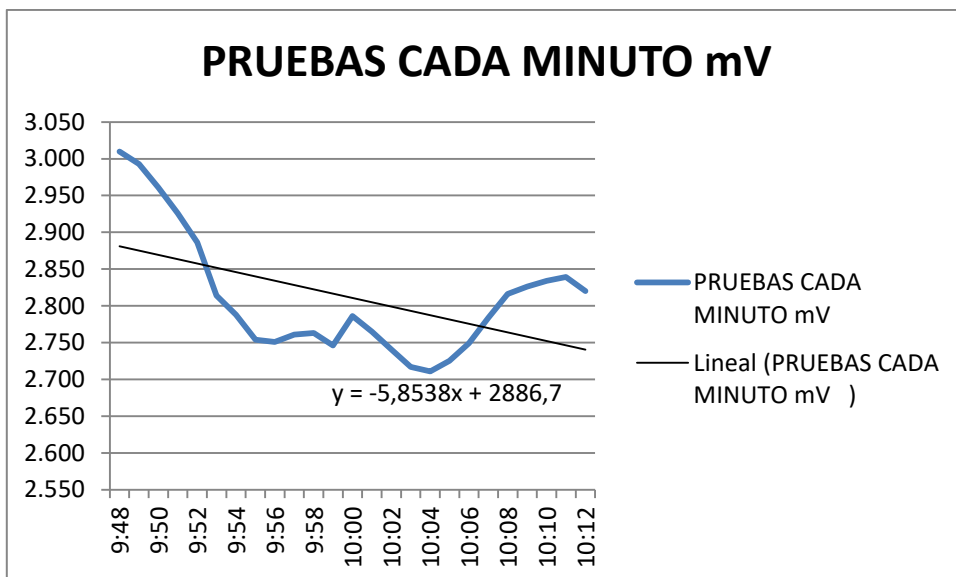


Figura 18. Intervalos de 60 segundos

Tabla 19 intervalos de 30 segundos

PRUEBAS CADA MEDIO MINUTO	
HORA	mV
10:13:00	2.812
10:13:30	2.804
10:14:00	2.794
10:14:30	2.793
10:15:00	2.798
10:15:30	2.798
10:16:00	2.807
10:16:30	2.812
10:17:00	2.820
10:17:30	2.831
10:18:00	2.845
10:18:30	2.864
10:19:00	2.881
10:19:30	2.902
10:20:00	2.927
10:20:30	2.952
10:21:00	2.977
10:21:30	3.001
10:22:00	3.025
10:22:30	3.043

PRUEBAS CADA MEDIO MINUTO	
10:23:00	3.062
10:23:30	3.075
10:24:00	3.087
10:24:30	3.100

En la figura 19 se muestra una tendencia ascendente y con menos alteraciones ya los intervalos de tiempo tomados son más cortos y más precisos y de igual manera se muestra que en este instante el cielo como estaba nublado tiene en ciertos momentos apertura de nubosidad y aumenta considerablemente la medición en valor de mV.

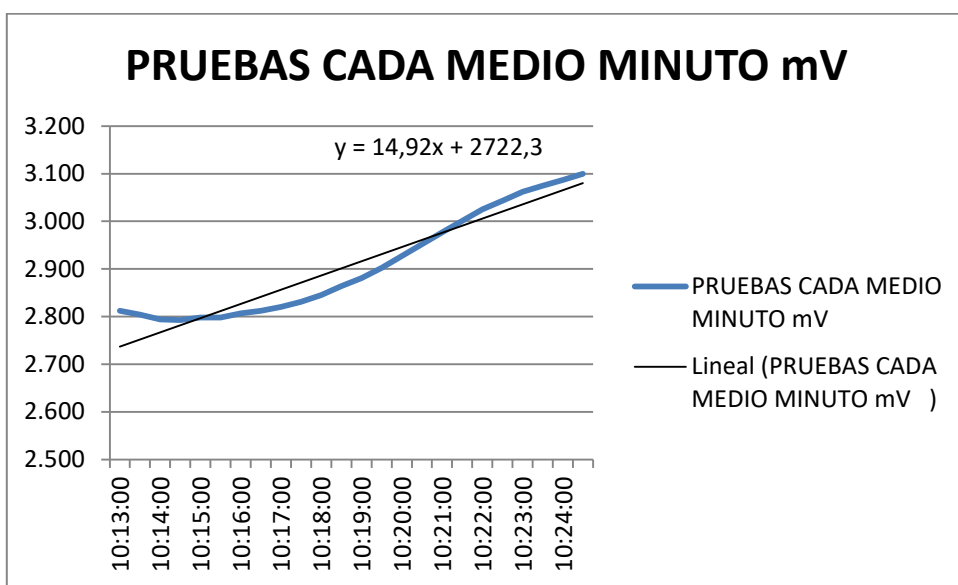


Figura 19. intervalos de tiempo de 30 segundos.

Se anexa registro fotográfico correspondiente a las mediciones del día



Cielo nublado mirando hacia el sur.





Cielo nublado mirando hacia el oriente.



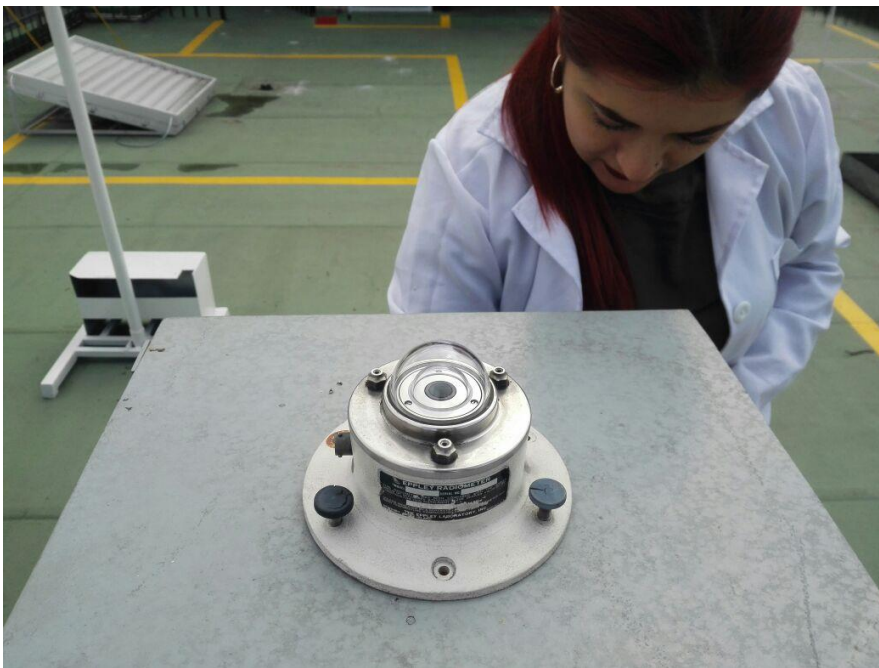
Cielo nublado mirando hacia el norte.



Cielo seminublado mirando hacia el occidente.

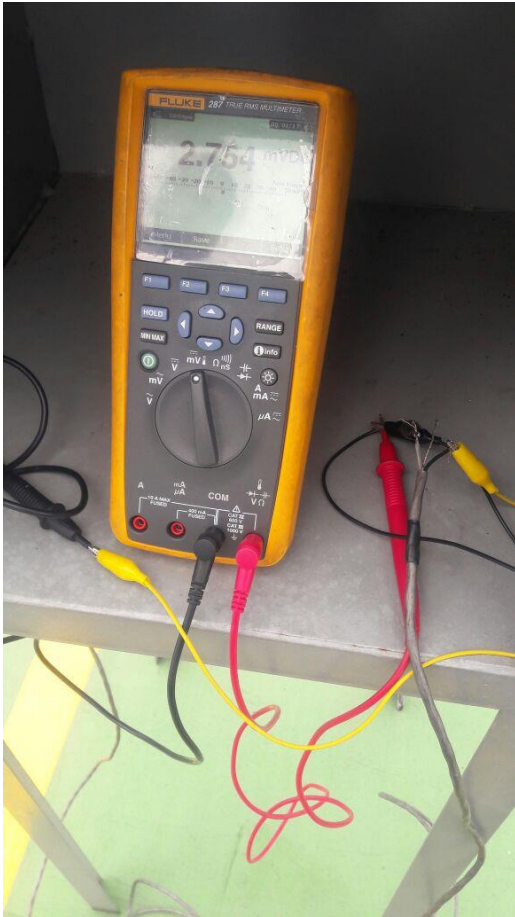
Se realiza la toma de muestras con el PIRANOMETRO y se muestra que se debe ajustar el nivel con el fin de que capture de mejor forma la luz solar.







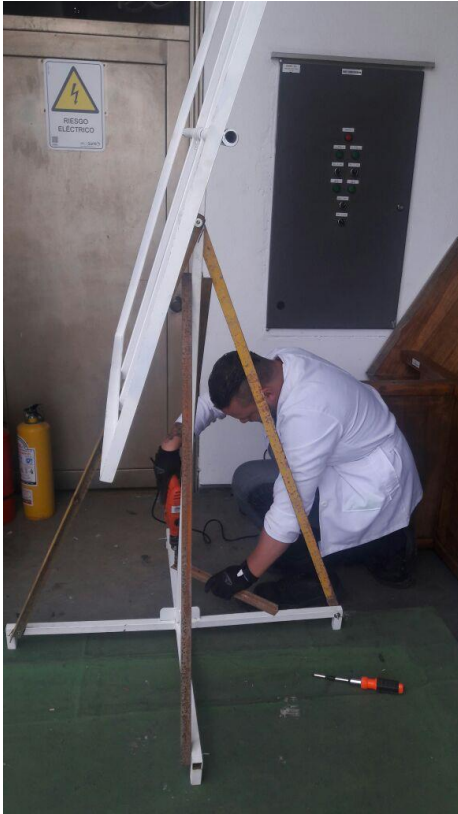


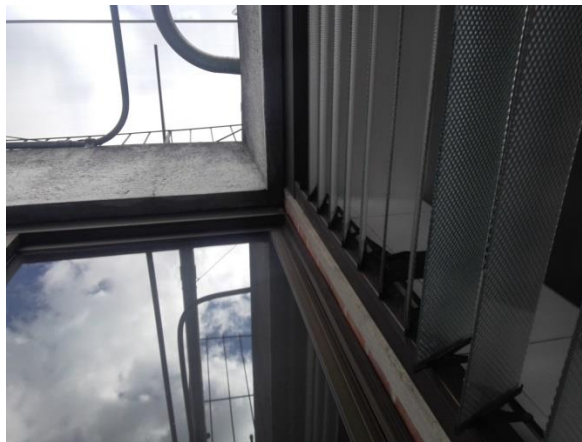


## 9. REGISTRÓ FOTOGRÁFICO DE INSTALACION DE INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA



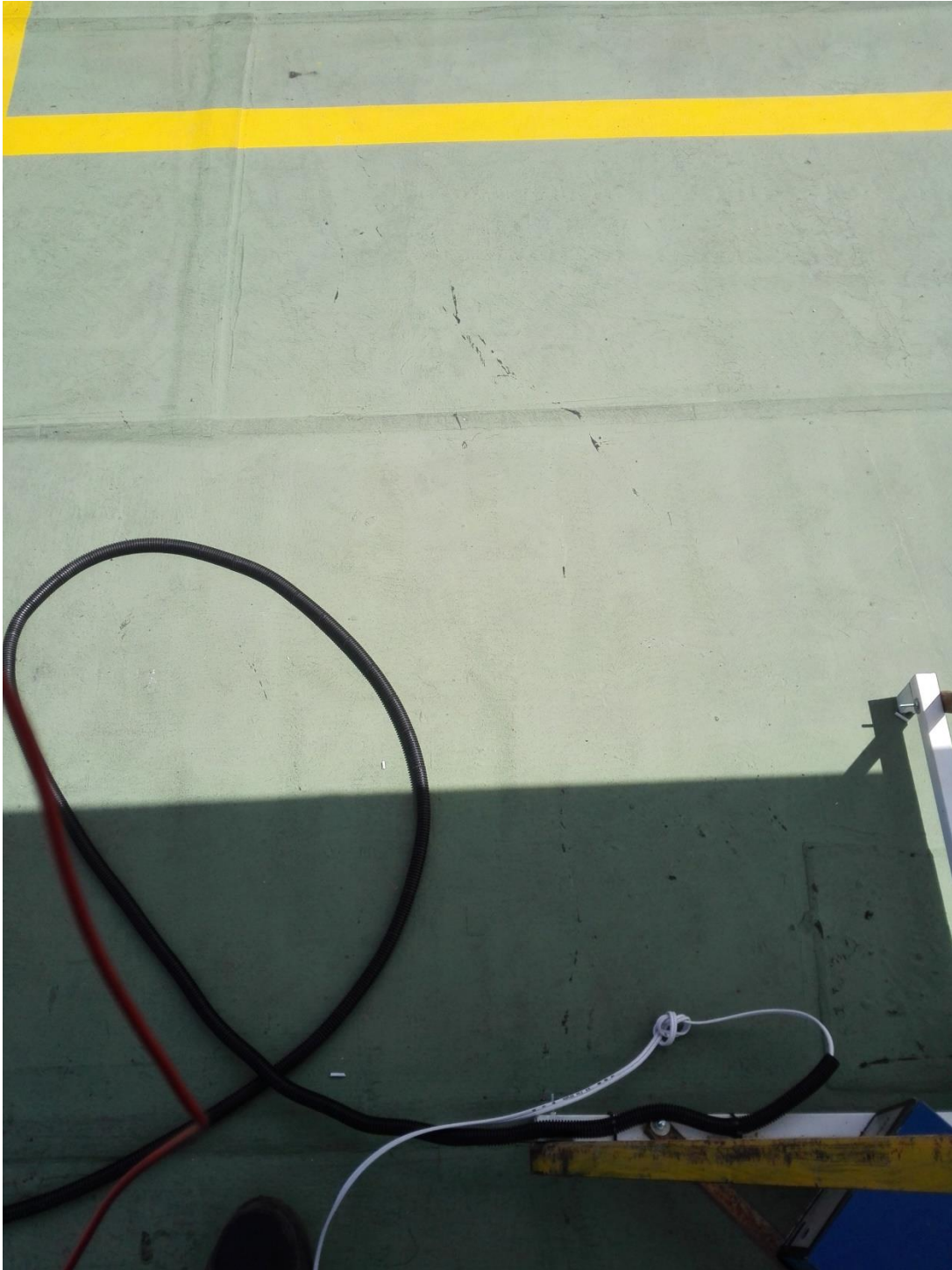






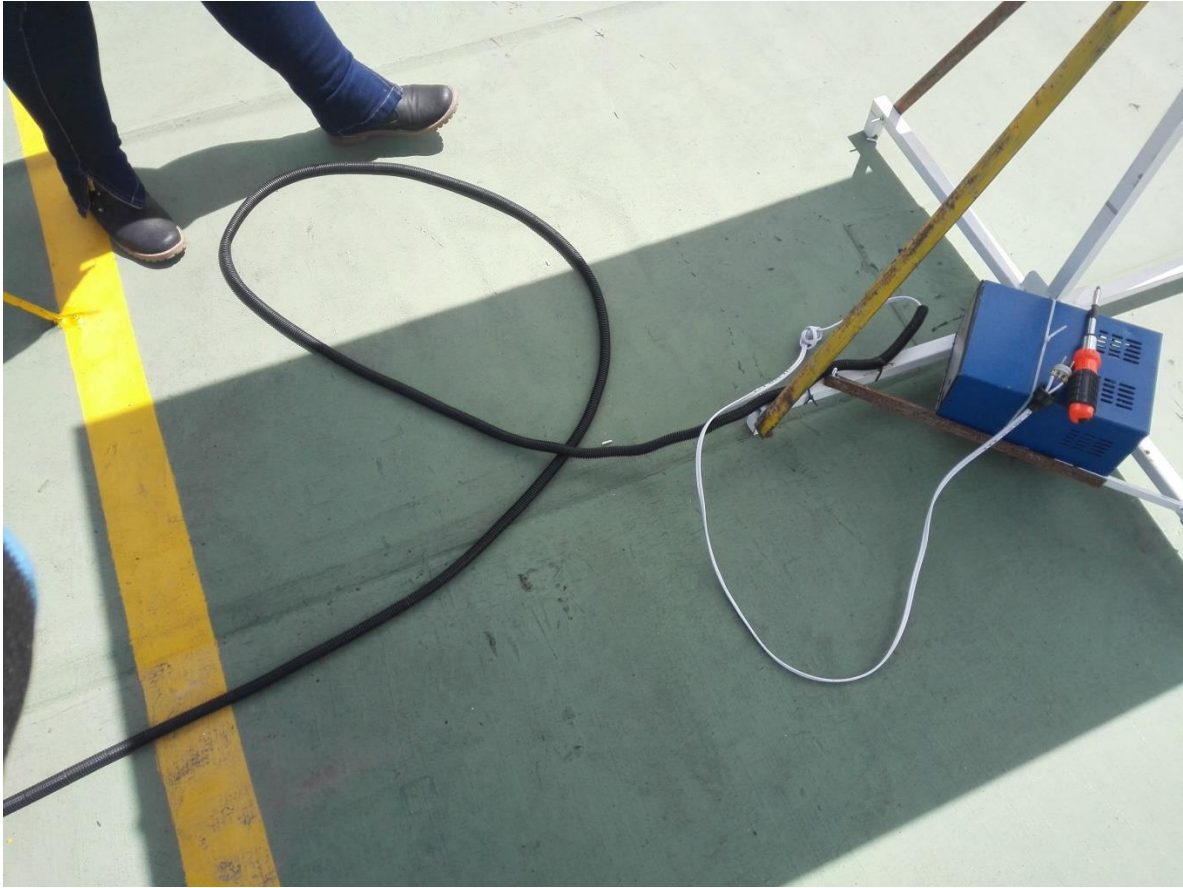






















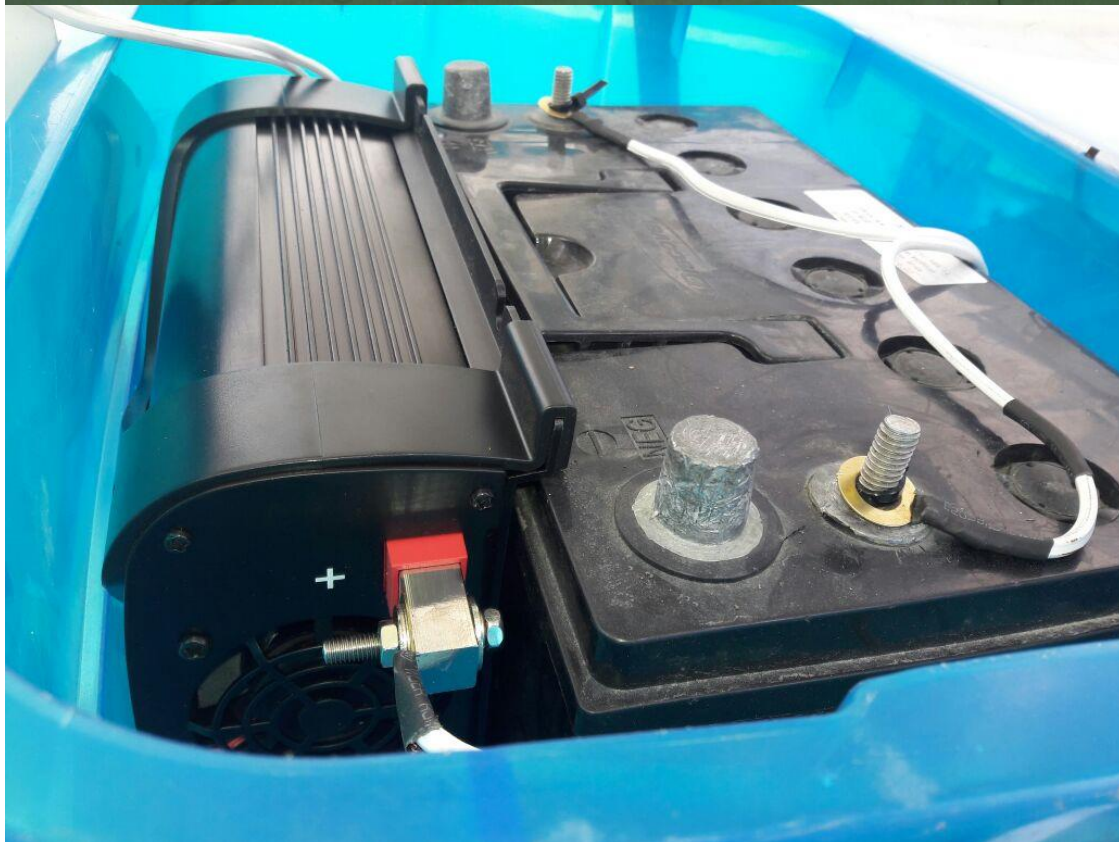


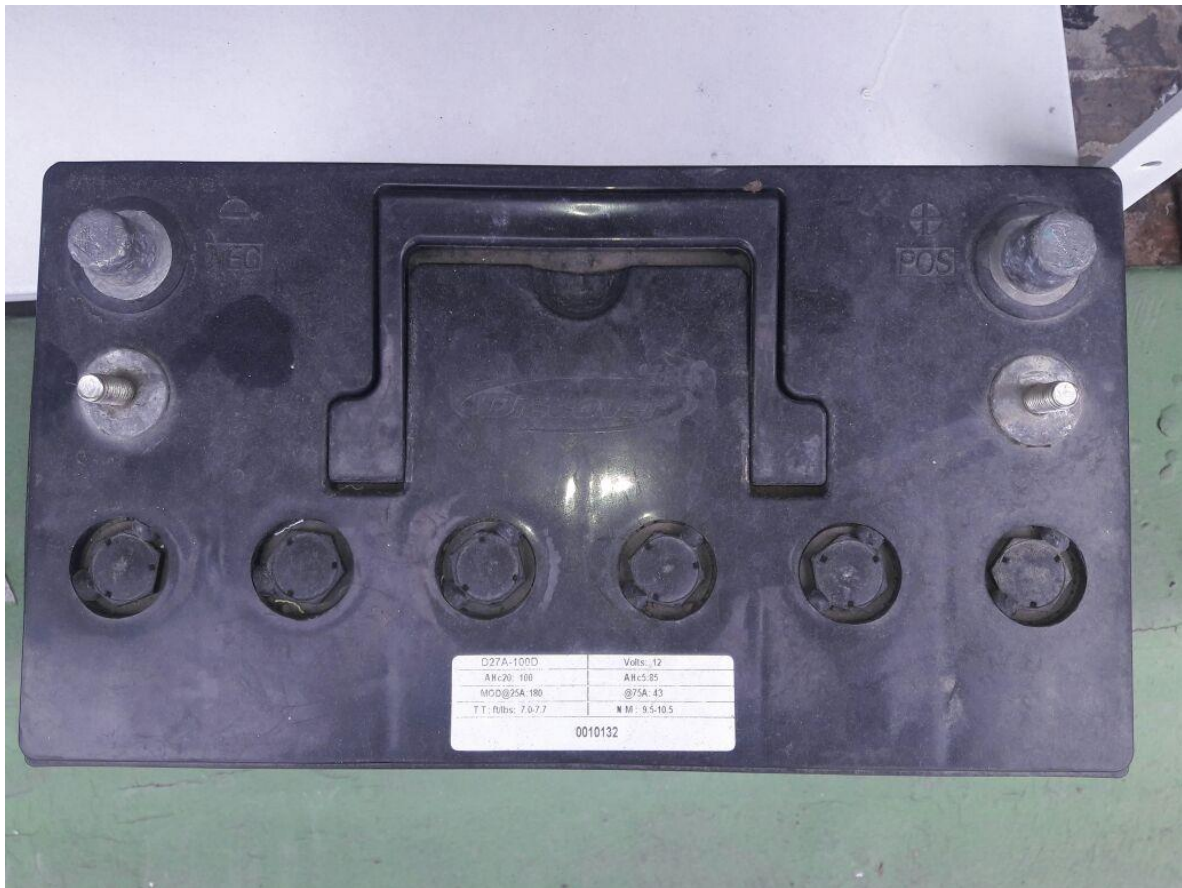


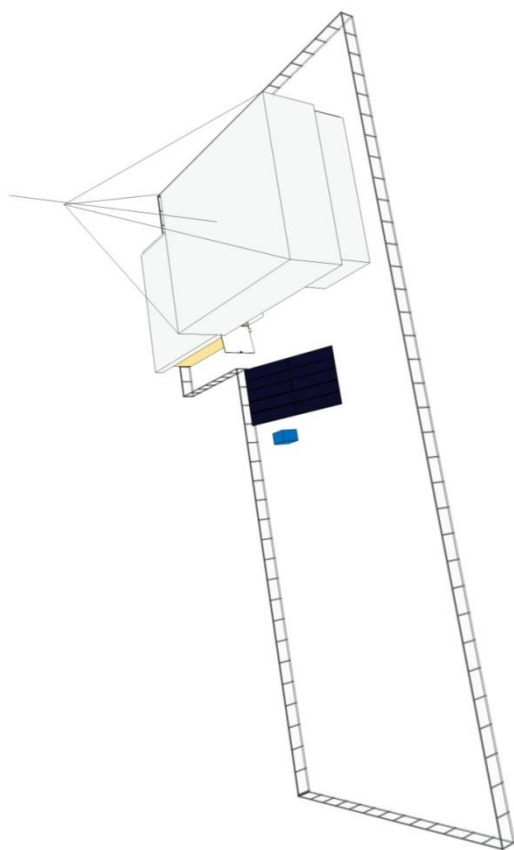












Diseñador: YESSICA PACHON Y DUVAN BORDA  
 Escalar: 1:100  
 Tít: NA  
 Fm: NA

Este proyecto es propiedad de YESSICA PACHON Y DUVAN BORDA. No se permite su reproducción, total o parcialmente, en ningún medio, sin el consentimiento escrito de los autores.

## BIBLIOGRAFÍA

Biospherical, Instruments Inc. (2005). GUV-2511.

CODENSA. (2017). *CODENSA*. Obtenido de Tarifario-agosto-2017:  
<https://www.codensa.com.co/document/Tarifario-agosto-2017.pdf>

dateandtime.info : hora mundial. (2017). *dateandtime.info : hora mundial*. Obtenido de  
<http://dateandtime.info/es/citysunrisesunset.php?id=3688689&month=9&year=2015>

GALLO, I. R. (2009). *MODELO DE ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR, PARA DISEÑO DE SISTEMAS*. bogota: UNIVERSIDAD DE LA SALLE.

HSB NOTICIAS.COM. (24 de NOVIEMBRE de 2016). *HSB NOTICIAS.COM*. Obtenido de Colombia ya cuenta con su propio centro de radiación solar:  
<http://hsbnoticias.com/noticias/ciencia/tecnolog%C3%ADa/colombia-ya-cuenta-con-su-propio-centro-de-radiacion-solar-255253>

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2014). *TIEMPO Y CLIMA*. Obtenido de IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: [http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/atlas#\\_48\\_INSTANCE\\_xoDpvO7rhD5O\\_%25253Dhttp%2525253A%25252F%2525252Fwww.ideam.gov.co%2525252FAtlasWeb%2525252Findex.html%2525253F%253D%2526\\_48\\_INSTANCE\\_xoDpvO7rhD5O\\_%253Dhttp%25253A%25252F%25252Fwww.ideam.gov.c](http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/atlas#_48_INSTANCE_xoDpvO7rhD5O_%25253Dhttp%2525253A%25252F%2525252Fwww.ideam.gov.co%2525252FAtlasWeb%2525252Findex.html%2525253F%253D%2526_48_INSTANCE_xoDpvO7rhD5O_%253Dhttp%25253A%25252F%25252Fwww.ideam.gov.c)

METEOROLOGICOS, I. (2016). *INSTRUMENTOS METEOROLOGICOS*. Obtenido de  
[http://www.bvsde.paho.org/cursoa\\_meteoro/lecc5/lecc5\\_4.html](http://www.bvsde.paho.org/cursoa_meteoro/lecc5/lecc5_4.html)

OVIDIO SINBAQUEVA Y ALEJADRO CAICEDO. (2010). *RIEGO POR GOTEO CON BOMBEO DE AGUA CON ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN MUNICIPIO DE GRANADA META*. GRANADA, META, COLOMBIA.

Proyecto EnDev/GIZ. (2013). *INSTALACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS*. Obtenido de  
[https://energypedia.info/images/0/0b/Gu%C3%ADa\\_de\\_instalaci%C3%B3n\\_de\\_SF\\_D\\_-\\_2013.pdf](https://energypedia.info/images/0/0b/Gu%C3%ADa_de_instalaci%C3%B3n_de_SF_D_-_2013.pdf)

SOLAR LIGHT. (2010). 501 UV Biometer Version 3.

WHISTLER. (2010). *WHISTLER TECHNOLOGY FOR THE WAY YOU LIVE*. Obtenido de <https://cdn.shopify.com/s/files/1/1420/2702/files/Pro-2500W-Power-Inverter-Manual.pdf?13930978113556031485>